فسيولوجيا التدريب الرياضى

دكتور
محمد حسن علاوى
أستاذ علم النفس الرياضى وعميد كلية
التربية الرياضية - جامعة حلوان (سابقا)

دكتور
أبو العلا أحمد عبد الفتاح
أستاذ ورئيس قسم علوم الصحة الرياضية
بكلية التربية الرياضية للبنين بالهرم

١٤٢٠هـ - ٢٠٠٠م

ملتزم الطبع والنشر
دار الفكر العربى
٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة
ت: ٢٧٥٢٩٨٤ - فاكس: ٢٧٥٢٧٣٥

بسم الله الرحمن الرحيم

مقـــدمة الطبعـــة الأولى

من اهم مميزات علم التـدريب الرياضى ارتباطه بنظريات وأسس العلوم الأخرى المختلفة والتى يعتمد عليهـا فى تشكيل معارفه ومعلوماته وطرائقـه المختلفة ، وبهذا فان التدريب الرياضى فى النهاية هو محصلة ذلك المزيج المترابط من العلوم المختلفـة . ولعـل السبب فى ارتباط علم التدريب الرياضى بالعلوم الأخرى انما يرجع الى أن هـذا العلم يهـدف الى الارتقـاء بتطوير الاداء البـدنى للانسـان لتحقيق أعلى المستويات الرياضية . ويتأثر مستوى الاداء البـدنى للفرد بعـدة عوامل مختلفـة بعضـها يرتبط بالعوامل البيولوجيـة بما تحتويه من عوامل فسيولوجية ومورفولوجية والبعض الآخر يرتبط بالعوامل النفسية والتربوية والاجتماعية وغير ذلك من العوامل . وهذه العوامل كلها هى موضوعات العلوم الأخرى المختلفة والتى يعتمد عليها علم التدريب الرياضى فى جمع وتشكيل مادته .

ولعل العوامل البيولوجية تعتبر من بين أهم الأسس التى يعتمد عليها علم التدريب الرياضى حيث يأتى التطور الملاحظ فى مستوى الأداء البدنى نتيجة التأثيرات البيولوجية لحمل التدريب والتى تتم من خلالهـا عمليات التكيف المختلفة لأجهزة الجسم لكى تواجه التعب ويكتسب اللاعب صفة التحمل ، كما أن قدرة اللاعب على تعبئة الجهاز العصبى لاطلاق الانقباضات العضلية القصوى هى ما يعبر عنه بالقوة العضلية والسرعة ، بالاضافة الى دور الجهاز العصبى العضلى الهام فى الاداء المهارى والفنى للحركات الرياضية المختلفة . وكل هذه التغيرات البيولوجية التى تحدث فى الجسم هى الأساس الهام الذى يقوم عليه تقنين حمل التدريب الرياضى الذى يعد الوسيلة الأساسية للتدريب الرياضى وركيزة برامج الاعداد المختلفة .

ولقد سبق أن ظهر فى هذا المجال بعض المراجع العلمية، من بينها كتاب علم التدريب الرياضى للدكتور محمد حسن علاوى محتوياً وموضحاً لمفهوم التدريب الرياضى وخصائصه وحمل التدريب وطرق الإعداد المختلفة،وغيرها من الموضوعات الحيوية الأساسية ، بالإضافة إلى كتاب بيولوجيا الرياضة للدكتور أبو العلا أحمد عبد الفتاح كمحاولة للتركيز على الجانب الفسيولوجى للتدريب الرياضى، وقد دعت الحاجة التى لمسناها من الخبرة العملية فى تدريس هذه المواد إلى ضرورة وجود كتاب موحد يجمع بين علم التدريب الرياضى وعلم الفسيولوجى فى شكل تطبيقى متكامل،حتى تصبح الفكرة أكثر شمولاً ويصبح الموضوع أكثر تكاملا،سواء من الناحية النظرية أو التطبيقية، وقد حاولنا فى هذا الكتاب تحقيق هذا الهدف، إذ تضمن عددا من الموضوعات المختلفة ثم ترتيبها ترتيبا منطقيا يتمشى مع متطلبات الأداء الحركى، حيث جاء بعد المقدمة العامة للكتاب الجهاز العصبى والجهاز العضلى باعتبار أنهما أساس الجهاز الحركى، والمسئولان عند قيام الجسم بأى حركة من الحركات أو اتخاذ الجسم أو أعضائه أى وضع من الأوضاع ، ثم تلى ذلك الأجهزة الوظيفية المسئولة عن توفير الطاقة المطلوبة لهذه الحركات التى يقوم بها الجهاز العصبى والجهاز العضلى، وهذه الأجهزة شملت الدم والجهاز الدورى والجهاز التنفسى والجهاز الهضمى والتمثيل الغذائى.. ونتيجة لقيام هذه الأجهزة الحيوية بوظائفها المختلفة فإن هناك أجهزة أخرى تعمل للمحافظة على ثبات البيئة الداخلية للجسم فى حالتها الطبيعية عن طريق عمليات الإخراج والتوازن الحرارى ونشاط الغدد الصماء، كما تضمن الفصل الأخير فى هذا الكتاب موضوعا عن التدريب الرياضى والفروق بين الجنسين يشمل بعض الخصائص الفسيولوجية التى تواجه المدرب واللاعبة فى حالات الدورة الشهرية والحمل، بالإضافة إلى التعرف على الأسباب والخصائص الفسيولوجية للفروق بين الجنسين.

وتحقيقا للجانب التطبيقى فقد تم تقسيم كل فصل من فصول الكتاب إلى جزئين، يحتوى الجزء الأول على الأسس الفسيولوجية بينما يحتوى الجزء الثانى على الأسس التطبيقية فى التدريب الرياضى.

ونأمل أن يحقق هذا الكتاب الهدف المرجو منه ويفى المكتبة العربية ببعض ما تحتاجه فى هذا المجال حتى يستفيد منه جميع العاملين فى مجال الرياضة والتربية الرياضية والتدريب الرياضى بكافة مستوياتهم،سواء كانوا من طلاب وطالبات التربية الرياضية أو الباحثين فى هذا المجال أو العاملين فى المجال التطبيقى من المدرسين والمدربين فى مصر والعالم العربى.

والله ولى التوفيق

محمد حسن علاوى

أبو العلا أحمد عبد الفتاح

القاهرة فى ٦ محرم ١٤٠٤ هـ

١ أكتوبر ١٩٨٤ م



الفصـــل الأول

١ ـ مقـدمة عامة

١ - مقدمة عامة

١/١ - مقدمة:

يتضمن هذا الفصل مدخلا عاما بهدف الوقوف على بعض المفاهيم الهامة التى يتعرض لها هذا المؤلف، وقد قسمت موضوعات هذا الفصل بحيث تشمل التعريف بمفهوم علم وظائف الأعضاء «الفسيولوجى» وواجباته العامة وارتباطه بالعلوم البيولوجية الأخرى، بالإضافة إلى ارتباط علم الفسيولوجى بالعلوم الأخرى كعلم التدريب الرياضى وعلم النفس وغيرهما. كما يتم فى هذا الفصل توضيح بعض المبادئ الفسيولوجية للتدريب الرياضى وأهمية فسيولوجيا الرياضة للمدرب الرياضى ومدرس التربية الرياضية.

٢/١ - مفهوم الفسيولوجى وواجباته:

١/٢/١ - العلاقة بين علم الفسيولوجى وعلم البيولوجى:

يعتبر الفسيولوجى أو علم وظائف الأعضاء Physiology أحد الفروع الهامة لعلم البيولوجى Biology الذى يهتم بدراسة ظاهرة الحياة فى الكائنات الحية بصفة عامة .

وبهذا المفهوم فإن علم البيولوجى يهتم بدراسة ظاهرة الحياة فى الإنسان والحيوان والنبات، وتشمل هذه الدراسة كلاً من الجانب الوظيفى «الفسيولوجى» والجانب الشكلى «المورفولوجى» فبينما يهتم الجانب الوظيفى بدراسة كيفية حدوث وظائف الكائن الحى المختلفة، فإن الجانب الشكلى «المورفولوجى» يهتم بدراسة شكل وتركيب الخلايا والأنسجة وأعضاء وأجهزة جسم الكائن المختلفة، وبناء على هذا فإن علم البيولوجى يقوم أساساً على مجموعة من العلوم الهامة التى يهتم البعض منها بالجانب الوظيفى مثل علم وظائف الأعضاء أو «الفسيولوجى» والكيمياء الحيوية، بينما تهتم بعض العلوم البيولوجية الأخرى بالجانب الشكلى أو البنائى وهى ما يطلق عليها العلوم المورفولوجية مثل علم التشريح وعلم دراسة الأنسجة

«الهستولوجى» وعلم دراسة الخلية« استولوجى» وهذه العلوم كلها متداخلة ومترابطة بحيث لا يمكن دراسة أى منها بمعزل عن العلوم البيولوجية الأخرى. فالكائن الحى هو وحدة بيولوجية، أى وحدة وظيفية بنائية متكاملة ومترابطة تتفاعل مكوناتها لتعطى ظاهرة الحياة للكائن الحى بما تشمله هذه الظاهرة من مظاهر حيوية تشمل التمثيل الغذائى والنمو والتكاثر والتنفس والإخراج والقدرة على التفاعل مع البيئة الخارجية،وينفرد الإنسان بصفة خاصة بالمستوى الراقى لنشاط جهازه العصبى من ناحية مقدرة المخ على تشكيل الأفكار والتفكير المنطقى والخيالى أيضاً.

٢/٢/١ – موضوع علم الفسيولوجى:

موضوع علم الفسيولوجى هو دراسة الوظيفة فى الكائن الحى لتوضيح العوامل الفيزيائية والكيمائية المسئولة عن نشأة وتطور ونمو الحياة بكل أنواعها من الفيروس حتى الإنسان فلكل خصائصه الوظيفية الخاصة به وفى ضوء ذلك يمكن تقسيم هذا العلم إلى أقسام مختلفة منها فسيولوجيا الفيروسات وفسيولوجيا البكتيريا وفسيولوجيا الخلايا وفسيولوجيا النبات وفسيولوجيا الإنسان وغيرها من الأقسام الأخرى.

وتعتمد الدراسات الفسيولوجية على الملاحظة والتجريب للظواهر الحية لوصفها وتقديرها نوعًا وكماً أو التعبير عنها فى صورة رقمية أو حجمية مع تسجيل هذه النتائج فى شكل كتابى أو على هيئة أفلام وصور فوتوغرافية وغيرها، ومن خلال ذلك فإن الدراسات الفسيولوجية تهدف أساسًا إلى محاولة الإجابة عن أربعة أسئلة رئيسية تعتبر بمثابة محور هذه الدراسات وموضوع علم الفسيولوجى، وهذه الأسئلة هى:

-- ما هى الوظيفة؟

– كيفية أداء هذه الوظيفة؟

– ما هى العوامل المؤثرة على هذه الوظيفة؟

– كيفية اندماج هذه الوظيفة مع وظائف الجسم الأخرى؟

ومن خلال الاجابة على التساؤلات السابقة يمكن دراسة اى موضوع من موضوعات علم الفسيولوجى وعلى سبيل المثال فان تطبيق ذلك يظهر اذا أخذنا دراسة القلب كمثال فان وظيفته هى ضخ الدم الى جميع اجزاء الجسم ، وتوضح الاجابة عن السؤال الثانى كيفية قيام القلب بوظيفته من خلال استقبال القلب للدم الوارد اليه من جميع اجزاء الجسم أثناء فترة ارتخاء عضلة القلب ثم يلى ذلك انقباض عضلة القلب ليندفع الدم الى جميع أجزاء الجسم نتيجة هذا الانقباض وللاجابة عن السؤال الثالث عن العوامل المؤثرة على هذه الوظيفة فيمكن القول ان هذه العوامل كثيرة ومختلفة منها ما يختص بالانسان نفسه مثل العمر وظروف الحياة والانفعالات النفسية والرياضة وغيرها وعند الاجابة عن السؤال الرابع عن اندماج وظيفة القلب بوظائف الجسم الاخرى فعلى سبيل المثال يمكن القول أن القلب يرتبط بمعظم العمليات الحيوية فى الجسم مثل توفير حركة الدم فى الأوعية الدموية لكى ينتقل الى جميع أجزاء الجسم ما تحتاج اليه من الأكسوجين والغذاء اللازم لانتاج الطاقة وغيرها . وهكذا فان هذه الاسئلة تعتبر هى المحور الرئيسى الذى يقوم عليه موضوع علم الفسيولوجى .

وتعتبر فسيولوجيا الانسان من أهم موضوعات علم الفسيولوجى لما لها من تطبيقات عملية فى مجالات العمل والرياضة والتغذية وكبار السن بالاضافة الى أهمية فسيولوجيا الأمراض التى تعتبر جانبا هاما من جوانب الفسيولوجى .

٣/٢/١ — فسيولوجيا التدريب الرياضى :

ويعتبر علم فسيولوجيا التدريب الرياضى Exercise Physiology أو فسيولوجيا الرياضة Sport Physiology من العلوم الاساسية الهامة للعاملين فى مجال الرياضة أو التدريب الرياضى ، ونتيجة لزيادة معامل فسيولوجيا الرياضة خلال السنوات الاخيرة استطاع الباحثون الحصول على المعلومات والحقائق الفسيولوجية الهامة والتى اسهمت فى تطوير التدريب وتقنين حمل التدريب حتى يكون ملائما لقدرة الجسم على تحمله

والاستفادة من تأثيراته الايجابيـة وتجنب التأثيرات السلبية على الحالة الوظيفية والصحية ، وقد دلت الدراسات العلمية على أن تشكيل حمل التدريب دون دراسة تأثيراته الفسيولوجية على الجسم يؤدى فى كثير من الأحيان الى الاصابات المرضية التى تظهر خلال الموسم التدريبى .

واذا كان الفسيولوجى العام هو دراسة كل وظائف الجسم ، فان فسيولوجيا التدريب الرياضى يعتبر فرعا من فروع علم الفسيولوجى العام يهتم بدراسة التغيرات الوظيفية التى تحدث فى الجسم نتيجة الاشتراك فى اداء التدريب الرياضى ؛ وهذه الدراسة تهتم بتحديد التغيرات الوظيفية التى تحدث نتيجه اداء التدريب لمرة واحدة فقط وكيفية حدوث هذه التغيرات ؛ كما لا تقتصر الدراسة فقط على ذلك ولكنها ايضا تهتم بدراسة التغيرات الوظيفية التى تحدث نتيجة تكرار جرعات التدريب لعدة مرات وذلك بهدف تحديدها والتعرف على كيفية حدوثها .

وبناء على ما سبق يمكن تحديد تعريف فسيولوجيا التدريب الرياضى « بأنه العلم الذى يعطى وصفا وتفسيرا للتغيرات الوظيفية الناتجة عند اداء التدريب لمرة واحدة أو عند تكرار اداء التدريب لعدة مرات بهدف تحسين استجابات الجسم غالبا » .

ويلاحظ من التعريف السابق أن الوصف والتفسير للتغيرات الوظيفية هى اجابات عن : ماذا يحدث من تغيرات وظيفية ؟ وكيف تحدث هذه التغيرات نتيجة اداء التدريب الرياضى ؟ كما أن اضافة كلمة « غالبا » فى نهاية التعريف يقصد به انه ليس من الضرورى دائما توقع الاستفادة المباشرة من المعلومات الفسيولوجية فى شكل تحسين استجابات الجسم ، حيث أن مجرد الكشف عن هذه المعلومات وحده له اهميته فى حد ذاته وهذه المعلومات مثلها فى ذلك مثل اى معلومات اساسية فى العلوم الاخرى على مدى التاريخ الانسانى والتى لم يظهر وقت اكتشاف فوائدها التطبيقية ، لان هذه المعلومات ظهرت اهميتها التطبيقية فيما بعد بصورة كبيرة . فعند ظهور الترانزستورات مثلا لم يكن لها اهمية تطبيقية تذكر فى حين انهـا

فى الوقت الحالى أصبحت جزءا أساسيا من حياتنا اليومية نراها مطبقة فى الراديو والتليفزيون والكمبيوتر وغير ذلك .

ومما لا شك فيه أن مجرد التعرف علي ميكانيكية استجابات الجسم الفسيولوجية ، أى كيفية استجابات الجسم ومحاولة التعرف بالتفصيل على القوانين الكيميائية والفيزيائية التى تحدث على أساسها التغيرات الوظيفية، فإن هذا بالتالى يساعد على تحسين استجابات الجسم والتحكم فيها بما يعمل على فاعلية تحسينها.

ويمكن الاستفادة من معلومات فسيولوجيا التدريب الرياضى فى تطوير اللياقة البدنية والإعداد البدنى للفرد، فإذا كانت اللياقة البدنية تعنى بصفة عامة بأنها قدرة الفرد على مواجهة التحديات البدنية فى الحياة بنجاح، فإن تحسين اللياقة البدنية للفرد يمكن أن يعرف بأنه تطبيقات المبادئ الأساسية لفسيولوجيا الرياضة لتحسين استجابة وتكيف الإنسان لتحديات الحياة اليومية.

ويطلق مصطلح «الإعداد الرياضى» Athletic Conditioning لوصف العمليات التى تستخدم لإعداد الأشخاص ليكونوا لائقين مدنيا لمنافسة رياضية معينة، أى أنه لا يحتوى على تعليم وإتقان المهارات الحركية ولا طرق الوقاية من الإصابات،ويقتصر فقط إعداد الفرد بدنيا لمواجهة التحديات البدنية للمنافسة الرياضية؛ لذا فإن العلاقة بين «الإعداد الرياضى» وفسيولوجيا الرياضة تشبه نفس العلاقة بين اللياقة البدنية وفسيولوجيا الرياضة ، حيث إن الإعداد الرياضى هو تطبيقات لمعلومات فسيولوجيا الرياضة بهدف تحسين كفاءة الجسم للاستجابة بنجاح على التحديات البدنية الخاصة بنوع المنافسة الرياضية.

وعند دراسة التغيرات الفسيولوجية المرتبطة بالتدريب الرياضى، يجب التعرف على الفرق بين نوعين من هذه التغيرات تبعا لنوعية ممارسة النشاط الرياضى، فإذا كان المقصود هو وصف وتفسير التغيرات الفسيولوجية الناتجة عن أداء الحمل البدنى لمرة واحدة فإننا نطلق على هذه التغيرات

مصطلح «الاستجابات» Responses ، وهذه الاستجابات عبارة عن «تغيرات مفاجئة مؤقتة فى وظائف الجسم نتيجة أداء الحمل البدنى ، وهذه التغيرات تختفى بعد انتهاء وقت الحمل البدنى، ومن أمثلة هذه الاستجابات زيادة معدل القلب،وارتفاع ضغط الدم،وزيادة معدل التنفس، وكل هذه التغيرات تختفى خلال عدة دقائق بعد الانتهاء من أداء الحمل البدنى.

أما النوع الآخر من التغيرات الفسيولوجية فهو مرتبط بتكرار الحمل البدنى عدة أسابيع، ويطلق علي هذه التغيرات مصطلح التكيف Adaptation ويشمل تغيرات وظيفية وبنائية نتيجة التدريب بحيث تمكن هذه التغيرات الجسم من الاستجابة لأداء الحمل البدنى بسهولة أكثر، وعادة لا يلاحظ التكيف إلا بعد مرور عدة أسابيع من التدريب المنتظم،وإن كانت بعض هذه التغيرات قد تلاحظ خلال أربعة أو خمسة أيام من التدريب، ومن أمثلة ذلك نقص معدل القلب للأحمال الأقل من الشدة القصوى نتيجة زيادة قدرة القلب على ضخ نفس كمية الدم إلى العضلات العاملة مع الاقتصاد فى بذل الطاقة لذلك.

ولعل التقدم الهائل الذى نلاحظه فى نتائج المستويات الرياضية ما هو إلا نتاج التطور العلمى فى شتى العلوم المرتبطة بالتدريب الرياضى، وقد ساعدت على تقدم فسيولوجيا التدريب الرياضى عدة عوامل ظهرت فى الآونة الأخيرة ويمكن تلخيصها فيما يلى:

- تطور الأسس النظرية لتقويم الحالة الوظيفية أثناء ممارسة الرياضة الأمر الذى ساعد على استخدام طرق جديدة لتشخيص الحالة الوظيفية من اتجاهات ومداخل مختلفة.

- ارتفاع مستوى الدراسات الفنية الطبية بما أمكن من تسجيل وظائف الجسم، ليس فقط فى حالة الراحة ولكن أيضًا أمكن تسجيل ذلك أثناء أداء الحمل البدنى.

- انتشار طرق اختبار الكفاءة البدنية فى الظروف المعملية أو الظروف الطبيعية لاداء الانشطة الرياضية ، وهذا ساعد على زيادة امكانية الكشف على الامكانات الاحتياطية الوظيفية لاجهزة الجسم المختلفة.

- زيادة تطور على الكيمياء الحيـــوية وعلم المناعة وعلم الغدد الصماء والمورفولوجى الأمر الذى ساعد على فتح آفاق جديدة لتطور الطب الرياضى وفسيولوجيا التدريب الرياضى .

٤/٢/١ — بعض الأسس الفسيولوجية العامة :

تختلف مكونات البيئة الداخلية للجسم بما تحتويه من مكونات الخلية وسوائل الجسم والتغيرات التى تحدث فى هذا الوسط الداخلى نتيجـــــة النشاط البدنى ، وفى المقابل لهذا يحاول الجســـم البقاء على حالة البيئة الداخلية ثابتة بالرغم مما يتعرض له من تغيرات ، ويتم ذلك بنــــــاء على بعض الأسس الفسيولوجية العامة والتى يمكن تلخيصها على النحــــو التالى :

(أ) الجسم كوحدة وظيفية متكاملة :

تعتبر الخلية هى الوحدة الحية للجســـــم فالكائن الحى يتكون من مجموعة كبيرة من الخلايا التى تقوم كل مجموعة منها بوظائف معينة ، لذا فانها تختلف ايضا فى شـــــكلها الا أنها ايضا تتفق فى بعض الخصـــائص الوظيفية حيث تحتاج جميعها للغذاء للمحافظة على حياتها ، كما تحتـــاج جميع الخلايا الى الاكسوجين لاستهلاكه فى انتاج الطاقة . ويتكون النسيج من مجموعة من الخلايا وتكون مجموعة من الأنسجة عضوا من اعضــــــاء الجسم ، وقد تختلف أنواع الأنسجة المكونة للعضو الواحد ، وتشـــترك مجموعة من اعضاء الجسم لتقوم بوظيفة معينة ، وعند ذلك تشكل «جهازا» معينا مثل : الجهاز الدورى والجهاز التنفسى والجهاز الهضمى وغيرها ، ويتكون الجسم من مجموعة الأجهزة التى تعمل معا كوحدة .

(ب) سوائل الجسم :

وتشكل السوائل حوالى ٥٦٪ من وزن الجسم ومعظم هذه السوائل توجـــد داخل الخلايا Intracellular fluid بينما يبقى ثلث هذه السوائل خارج الخلايا Extracellular fluid ويسمى هذا الســـائل عادة البيئة الداخلية ، وتستطيع الخلايا الحياة والنمو والقيام بوظائفهـا المختلفة طالما تتوفر فى البيئة الداخلية ما تحتاج اليه من اكسوجين وجلوكوز والأيونات المختلفة والأحماض الأمينية والمواد الدهنية .

ويختلف السائل خارج الخلية عن داخلها باحتوائه على كميات كبيره من أيونات الصوديوم والكلوريد والبيكربونات بالاضافة الى غذاء الخلية مثل الاكسوجين والجلوكوز والأحماض الدهنية ، كما يحتوى ايضا علـى ثانى اكسيد الكربون لنقله من الخلايا الى الرئتين للتخلص منـه ، وكذلك بعض مخلفات الخلايا لنقلها الى الكلى للتخلص منها ، اما السائل داخـل الخلايا فيختلف تماما عن خارجها فى احتوائه على كميات كبيرة من ايونات البوتاسيوم والماغنسيوم والفوسفات بدلا من ايونات الصوديوم والكلوريد الموجودة فى السائل خارج الخلية .

(جـ) الاستقرار التجانسى :

ويستخدم مصطلح « الاستقرار التجانسى » Homeostasis للتعبير عن المحافظة على ثبات او اســتقرار ظروف البيئة الداخلية للجســـم . وبصفة اساسية تعمل جميع اعضــاء وانســجة الجســم للمحافظة على استقرار البيئة الداخلية :

ومن المعروف ان جميع التغيرات الوظيفية فى الجسم نتيجة التدريب الرياضى تهدف الى تقليل ضغط الحمل البدنى على البيئة الداخلية للجسم ومثالا لذلك فان لانقباض العضلى يشكل ضغطا على الاكسوجين فى داخل الجسم ، لذا فان معدل التنفس ومعدل القلب يزداد ليوجه كمية اكبر من الاكسوجين الى العضلات العاملة وبالتالى يقل الضغط ، ومثال آخر على

تطبيقات هذا المبدأ هو زيادة خروج العرق عند أداء النشاط الرياضى فى الجو الحار، حيث يقوم العرق بتخفيف الحرارة التى تشكل ضغطا على بيئة الجسم الداخلية، بالاضافة إلى ذلك فإن الجسم ينظم بكفاءة درجة الحرارة والحمضية والأكسجين والجلوكوز والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد وغيرها من خصائص سوائل الجسم.

(د) التغذية الراجعة السلبية :

ويتم تنظيم وظائف الجسم للمحافظة على «الاستقرار التجانسى» بواسطة ما يسمى «بالتغذية الراجعة السلبية» Negative feedback وعلى سبيل المثال إذا ما نقص مستوى السكر فى الدم نتيجة أداء النشاط الرياضى فإن غدة البنكرياس تستجيب لذلك بإفراز هرمون الجلوكاجون glucagon الذى يؤدى إلى زيادة مستوى سكر الجلوكوز فى الدم من مخزونه بالكبد ليصبح مستوى السكر فى الدم فى حالة استقرار تجانسى،وعكس ذلك يحدث فى حالة ما إذا تناول الانسان وجبة غذائية غنية بالكربوهيدرات فيرتفع مستوى السكر فى الدم،ولكنه ينخفض مرة أخرى سريعاً بواسطة هرمون الأنسولين، ومعنى ذلك أن التغذية الراجعة تعمل على تنظيم بيئة الجسم الداخلية فى الاتجاه العكسى (السلبى) للتغيرات الناتجة عن أى حمل يلقى على أجهزة الجسم، الأمر الذى يجب مراعاته عند دراسة كيفية استجابة وتكيف الجسم نتيجة للتدريب الرياضى، وتدور موضوعات فسيولوجيا الرياضة حول تفسير العوامل المختلفة للتغذية الراجعة وعلاقتها بالاستجابات والتكيفات الفسيولوجية للجسم المرتبطة بالتدريب الرياضى.

٣/١ - العلاقة بين علم الفسيولوجى والعلوم الأخرى:

يعتبر الفسيولوجى أحد الفروع الهامة لعلم البيولوجى، ويختص بدراسة وظائف الجسم ككل وأجهزته وأعضائه المختلفة حتى مستوى الخلية، ويعتمد الفسيولوجى فى جمع مادته على كثير من العلوم الأخرى، مثل الكيمياء والفيزياء لتفسير الظواهر الفيزيائية والكيميائية الحيوية بالجسم،

كما يرتبط ايضا بالعلوم المورفولوجية مثل التشريح وعلم الخليـــة وعلم الانسجة حيث لا يمكن الفهم الكامل لوظائف الجســم دون فهم التغيرات المورفولوجية التى تحدث لاعضاء الجسم وانســجته وخلاياه ، كما يرتبط الفســيولوجى بجميع فروع الطب المختلفة ، ويرتبط كذلك بعلم النفس ليشكل فرعا جديدا لهذا العلم ، وهو علم النفس الفسيولوجى .

ويعتبر الفسيولوجى جزء مكمل واســاسى لعلم التدريب الرياضى ، حيث يعتمد علم التدريب الرياضى على مجموعة من العلوم التى تعمل على وصف وتفسير للظاهرة الطبيعية المصاحبة للنشاط الرياضى والرياضـــة وهذه العلوم هى علم الحركة والميكانيكا الحيوية وعلم النفس الرياضى وعلم الاجتماع الرياضى وعلم الكيمياء الحيوية الرياضى وغير ذلك من العلوم .

ويرتبط الاداء الحركى للانســـان بمجموعة العوامل المختلفة التى تشمل عوامل فســيولوجية ونفســية وكيمائية حيوية وميكانيكية حيوية واجتماعية ، ولا يمكن الوصول الى الفهم الكامل للأداء الحركى الانسانى بدون فهم جميع هذه العوامل المرتبطة به . ومن خلال دراسة هذه العوامل يمكن التقدم بمســتوى الأداء الحركى الانســـانى.. وبناء على ذلك فان الفسيولوجى يعتبر من العلوم الأساســية التى يعتمد عليها علم التدريب الرياضى وجزء اساسى ومكمل له الى جانب مجموعة العلوم الأخرى المرتبطة بالأداء الحركى للانسان .

وقد انتشرت فى الآونة الأخيرة اسهامات علم الفسيولوجى فى المجالات المختلفة ولم تقتصر على المجالات الطبية او الرياضية او النفسية فقط بل لقد تعدت تطبيقاته لتشمل مجالات اخرى مثل فسيولوجيا العمل وهو العلم الذى يدرس وظائف اعضاء الجسم المرتبطة بطبيعة اداء الانســان للمهن المختلفة ، وفى ضوء ذلك يمكن توفير انسب الظروف لتحقيق افضل معدلات الانتاج ، وكذلك اهتمت به المنظمات العلمية للعمل والراحة ، وبناء على هذه الدراسات امكن توفير انسب الظروف الملائمة لمعيشة الانســـان فى

الفضاء وما يرتبط بذلك من تغيرات فسيولوجية خاصة تحتاج لعمليات الاعداد الملائمة .

ويعتمد علم الفسيولوجى على العلوم الرياضية واستخدام الحاسبات الالكترونية فى الدراسات الفسيولوجية سواء فى التجارب التى تجرى على الحيوانات أو على الانسان ، وعن طريق استخدام الجراحة تم اجراء الكثير من التجارب على الحيوانات امكن بواسطتها التعرف على وظائف الأجهزة الداخلية والغدد الصماء ، كما استخدم التنبيه الكهربائى بواسطة الاقطاب الكهربائية المنبهة لانسجة الجسم ، ويستخدم اقطاب اخرى تقوم بنقل النشاط الكهربائى وتسجيله لدراسته ، وقد استخدمت فى الدراسات على الانسان عدة طرق مختلفة تشمل الكهرباء الحيوية والتندومترية والفوتومترية والتليمترية والأشعة وغيرها .

وبفضل هذه الطرق المختلفة للدراسات الفسيولوجية امكن الحصول على تسجيلات لوظائف اعضاء الجسم الخارجية وكذلك الداخلية سواء أمكن الحصول على هذه البيانات عن طريق الاتصال المباشر بين اللاعب واجهزة القياس أو التسجيل باستخدام الأسلاك المختلفة الموصلة او بعدم استخدام اى ارتباط بين اللاعب والأجهزة ، والتسجيل عن بعد وهو ما يسمى التليمترى . ومن الطبيعى ان استخدام هذه الاجهزة والادوات يتطلب من الباحث أن تكون لديه المفاهيم الاساسية للعلوم الفزيائية التى يمكن الاستفادة منها فى تسجيل بياناته وتفسيرها .

٤/١ — اهمية فسيولوجيا التدريب الرياضى :

تعتبر المعلومات الفسيولوجية من اهم الاسس لاعداد المدرب ومدرس التربية الرياضية الناجح ، حيث تنعكس هذه المعلومات على حياته العملية بما يحقق تخطيط وتنفيذ البرامج الرياضية سواء كانت تدريبية أو ترويحية بحيث تحقق اهدافها بنجاح وفاعلية وامان ، فمن غير المعقول ان يتعامل المدرب او المدرس مع اللاعب الذى يشكل جسمه جهازا بيولوجيا معقد التركيب تقوم كل خلية منه بوظائفها المختلفة ، ولكى يتحقق لهذا الجسم

البشرى ان يؤدى وظائفه بكفاءة عالية اثناء النشـــاط الرياضى مما ينعكس ايجابيا على مستوى الاداء لابد وان يكون المدرب او المدرس على علم وفهم بهذه الوظائف المختلفة لاعضاء الجسم حتى يمكنه من خلال برامج التدريب أن يطورها ، وفيما يلى يمكن توضيح بعض فوائد الفسيولوجى فى المجال الرياضى .

(أ) الوقاية الصحية :

يعتبر تحســـــين الحالة الصحية من اهم الأهداف التربوية للتدريب الرياضى والتربية الرياضية بوجه عام ، والرياضة هى وسيلة هامة يمكن عن طريقها تحقيق هذا الهدف الهام ، الا ان تحقيق هذا الهدف قد لا يتحقق بل على العكس من ذلك فان الممارسة الخاطئة للتدريب الرياضى ولتشكيل حمل التدريب دون مراعاة الظروف المختلفة قد يؤدى الى حدوث كثير من الاصابات او الأمراض وفى بعض الاحيان قد تحدث حالات الوفاة .

ولعل الســـبب المباشر لاهتمام علماء الطب الرياضى وفســـيولوجيا التدريب الرياضى بالتعرف على تأثير ممارسة الرياضة على الحالة الصحية انما يرجع الى ما نلمسه فى وقتنا الحالى من زيادة هائلة فى حمل التدريب سواء من حيث الحجم او الشدة ، وهذا بالتالى يتطلب من المدرب أن يكون على فهم للبيانات الفســـيولوجية عن تأثير حمل التدريب على لاعبيه لكى يتمكن من تقنين الحمل الملائم والتدرج به وكذا الحدود التى تتوقف عندها زيادة حمل التدريب حتى لا يكون لها تأثيرا عكسيا على الحالة الوظيفية فى الجســـم وبالتالى ينعكس ذلك على الحالة الصـــحية للاعب . ولا زالت الدراسات فى هذا المجال تحاول الكشف عن اسباب اختلاف الحالة الصحية لدى الرياضيين وارتباط ذلك بفترات الموسم التدريبى المختلفة ، حتى أن بعض الدراســـات قد اكدت ان زيادة حمل التدريب اكثر من قدرة اللاعب على تحمله يؤدى الى ضعف جهاز المناعة فى الجســـم وبذلك تزيد سرعة اصابة اللاعب بالأمراض التى تظهر قبل المســـابقات والتى كثيرا ما تكون عائقا عن تحقيق كثير من المســـتويات المتوقعة . ولعل اخبار اللاعبين الدوليين فى دورة لوس انجلوس الأولمبية ١٩٨٤ تعتبر مؤشرا هاما فى جانب

ما اظهرته هذه الدراسات ، فلقد فشل بعض اللاعبين الدوليين فى تحقيق ما كانوا يتوقعونه بسبب مثل هذه الأمراض المفاجئة حيث لم يتمكن اللاعب الأمريكى كارل لويس من تحطيم الرقم العالمى للوثب الطويل واكتفى بمحاولتين لشعوره بارهاق وبرد شديدين ، كما خسرت بريطانيا ميداليتين ذهبيتين فى العدو حيث لم يحقق العداء الانجليزى الشهير ستيف اوفيت المركز الأول فى سباق ٨٠٠ متر ، كما كان متوقعا حيث انه صاحب الميدالية الذهبية فى دورة موسكو ١٩٨٠ ، وقد كانت المفاجأة فى انه احتل فى هذا السباق المركز الأخير ، وقد اغمى عليه بعد السباق واتضح انه اصيب بمرض الربو قبل الاشتراك فى الدورة الأولمبية ، ومما يدعو للعجب ما حققه السباح الكندى فيكتور ديفيز فى الحصول على الميدالية الذهبية فى سباق ٢٠٠ متر صدر مسجلا رقما جديدا ، وقد كان هذا البطل قد تعرض للاصابة بمرض خطير فى الدم منذ حوالى عام قبل الدورة الأولمبية ، وكان لاعب الماراثون الكوبى الأصل والأمريكى الجنسية البرتو سالازار يعتبره النقاد اسرع لاعب فى سباق الماراثون ، وقد سجل رقما عالميا فى نوفمبر ١٩٨٢ فى الماراثون قدره ١٣ر٨ر٢ ساعة ، وبعد هذا السباق اصيب بنزلة برد فى الرئتين منعته من الاشتراك فى اى سباق حتى اواخر ١٩٨٣ ، ولعل هذه الظواهر التى قد لا يلاحظها القارىء من خلال ما تنشره الصحف اليومية عن اخبار الدورة تحتاج من الباحثين كثير من الجهد المضاعف للتعرف على اسباب حدوث مثل هذه الاصابات المرضية وتحليل حمل التدريب ومدى استجابة وتكيف الجسم له من الناحية الفسيولوجية .

ولا يقتصر الأمر فى الاستفادة من الفسيولوجى فى وقاية اللاعب الصحية ، ولكن أيضا فى حماية حياته ذاتها ، ومن الواقع ذكر العالمان فوكس وماتيوس ١٩٨١ عن حدوث بعض حالات الوفاة بين لاعبى كرة القدم الأمريكية خلال السنوات ١٩٧٨ — ١٩٨٠ حيث بلغت سبع حالات لدى طلاب المدارس العليا وخمس حالات لدى طلاب الكليات ، ويرجع السبب فى ذلك الى اصابتهم بضربة الحرارة Heat Stroke ، وقد دلت نتائج تحليل اسباب هذه الاصابات الى ان معظمها قد حدث فى اليوم الأول

او الثانى من بدء الموسم التدريبى ، كما ان اللاعبين كانوا يرتدون ملابس اللعب الثقيلة بالمساند الوقائية كاملة وقد تراوحت درجة حرارة الجـو والرطوبة فى هذه الحالات ما بين ١٠٠٪ رطوبة يقابلها ٦٠ درجة فهرنهيت (٦ر١٥ سنتجراد) الى ٤٠٪ رطوبة يقابلها ٨٩ درجة فهرنهيت (٧ر٣١ سنتجراد) ، ويلاحظ ان هذه الحالات ارتبطت بارتفاع الحرارة مع انخفاض الرطوبة او العكس بانخفاض الحرارة مع زيادة الرطوبة ، كما يجب ملاحظة ان هناك خمس حالات لم يسمح لهم بتناول الماء أثناء التدريب ، بينما سمح لهم بتناول أقراص الملح .

ويدل تحليل مثل هذه الحالات على نقص المعلومات اللازمة للمدربين والمدرسين واللاعبين من الناحية الفسيولوجية عن كيفية تخليص الجسم من الحرارة واهمية تناول الماء أثناء الأداء فى الجو الحار بالاضافة الى اهمية التعرف على التغيرات الفسيولوجية التى تحدث اثناء اداء النشاط الرياضى . وتعد هذه مجرد امثلة على اهمية علم الفسيولوجى للرياضيين بصفة عامة من اجل الصحة والوقاية من الأمراض والاصابات .

(ب) القيمة الاقتصادية :

لاشك ان العامل الاقتصادى له اهمية كبيرة عند الاعداد لتحقيق اى هدف ، وتساعد المعلومات الفسيولوجية فى تحقيق كثير من اهداف التدريب الرياضى مع الاقتصاد فى الجهد والوقت والمال ويتضح ذلك فى كثير من المجالات فكثيرا ما ظهرت بعض الادوات والأجهزة التدريبية التى يدعى اصحابها تاثيرها على تقليل الوزن او زيادة القوة او التحمل وغيرها وقد يكون لاستخدام هذه الأدوات والأجهزة تاثيرا عكسيا او ضارا من الوجهة الفسيولوجية ، ولذا فان المدرب حينما يفهم ذلك يستطيع ان يقتصد فى اختياره لادوات ووسائل التدريب المفيدة ويتجنب ما هو غير ملائم منها ، بالاضافة الى ما اظهرته المعلومات الفسيولوجية عن انواع الغذاء المناسب وبذلك يمكن وضع البرنامج الغذائى الملائم بما يحقق الفائدة المرجوة كما ان توزيع الجدول الزمنى للتركيز على تنمية الصفات

البدنية او لاعطاء اللاعب الفترة الملائمة حتى تتكيف اجهزة الجسم مع حمل التدريب قبل الارتفاع به ، كل هـذا يعتبر اقتصادا فى الوقت والجهد المبذول بحيث يكون مركزا على تنمية الصفات الخاصة المطلوبة لاعداد اللاعب وتحقيق اهداف البرنامج التدريبى .

(جـ) التعرف على التاثيرات الفسيولوجية للتدريب الرياضى :

لعل فهم المدرس او المدرب لكيفية اسـتجابة وتكيف اجهزة الجسم المختلفة لأداء التدريب الرياضى يعـد من اهم الفوائد التطبيقية لعلم الفسـيولوجى فى المجال العملى اذ يمكن من خلال هذه المعلومات وضع وتخطيط برامج التدريب وكذلك تشكيل حمل التدريب وتطوير وتحسين طرق التدريب ، ومن ابرز الأمثلة التطبيقيـة لذلك اعتماد المدرب واللاعب على قياسات معدل النبض اثناء التدريب لتحديد نوعية تاثير التدريب على اللاعب . وكذلك تحديد فترات الراحة البينية الملائمة ، ومن خلال ذلك يمكن سرعة ادراك الاستجابات الفسيولوجية التى تدل على الاجهاد وزيادة حمل التدريب مما يساعد على تقنين مكونات حمل التدريب .

(د) تقنين حمل التدريب :

يعتبر حمل التدريب هو الوسيلة الرئيسـية لاحداث التاثيرات الفسيولوجية للجسم مما يحقق تحسـين استجاباته وبالتالى تكيف اجهزة الجسم والارتفاع بالمستوى الرياضى عن طريق التدريب . الا ان اسـتخدام الحمل البدنى الملائم للاعب هو الشىء الهام ، حيث ان ستخدام الأحمال البدنية التى يقل مستواها عن مستوى اللاعب لا تؤدى بالتالى الى احداث التقدم الرياضى المطلوب ويصبح البرنامج التدريبى مضيعة للوقت ، كما ان زيادة حمل التدريب عن مقدرة اللاعب او عدم التخطيط السليم لدورة الحمل الاسبوعية او الفترية وتنسيق مكونات الحمل خلال ذلك ، انما يؤدى الى اختلال الحالة الصحية للاعب ويسـهم فى زيادة حالات الاجهاد وكثرة الاصابات المرضية ، ولذا فان تقنين حمل التدريب بحيث يتلائم مع الحالة الوظيفية للجسـم يعتبر من اهم عوامل نجاح البرنامج التدريبى وبالتالى

تحسن مستوى الأداء او انخفاضه ، وتساعد فى تحقيق ذلك الاختبارات الفسيولوجية والفحوص الطبية والمعملية التى تجرى اولا بأول بالاضافة الى الاختبارات الفسيولوجية الميدانية التى يمكن للمدرب او المدرس القيام بها اثناء التدريب .

(هـ) الاختبارات والمقاييس الوظيفية :

تعتبر الاختبارات والمقاييس الوظيفية من اهم العوامل التى يجب أن تصاحب البرنامج التدريبى حتى يمكن التأكد من ملائمة حمل التدريب لمستوى اللاعب وحتى يمكن فى ضوئها الارتفاع بالحمل او تثبيته او تقليله ، كما يمكن عن طريقها الكشف عن اى اختلال غير طبيعى فى الحالة الصحية للاعب فى بدايته قبل أن يتضاعف فى غضون عمليات التدريب وزيادة درجة الحمل البدنى دون ملاحظة حالة اللاعب الوظيفية والصحية ، ولقد تطورت طرق الاختبارات والمقاييس لتشمل امكانية جميع البيانات عن اللاعب فى حالة الراحة ، وكذلك اثناء الحالة النشطة واداء التدريبات ، كما تساهم هذه الاختبارات والمقاييس فى تتبع حالة اللاعب التدريبية خلال الموسم التدريبى مما قد يجعلها مؤشرا هاما للتنبؤ بما يمكن أن يحققه اللاعب من مستوى رياضى ، وقد تكشف هذه الاختبارات والمقاييس عن بعض معوقات تحقيق اللاعب للمستوى الرياضى المطلوب ، حيث أن ذلك لا يرجع الى الحالة الوظيفية وحدها ، فحينما تؤكد نتائج هذه الاختبارات ارتفاع مستوى الحالة الوظيفية للاعب وبالرغم من ذلك لم يتحقق ارتفاعا موازيا فى مستوى الاداء الرياضى فان معوقات ذلك قد تكمن فى النواحى الأخرى كالناحية النفسية او الفنية او الخططية ، وبذلك يمكن علاج هذه المعوقات حتى يحقق اللاعب المستوى المطلوب .

(ز) الانتقاء الرياضى :

ظهرت مشكلة الفروق الفردية منذ بدء الخليقة ، فالأفراد لا يتساوون فى جميع قدراتهم ، ولذا فان اكتشاف القدرات الحركية والخصائص الفسيولوجية التى يتميز بها كل انسان ثم توجيهه لممارسة نوع معين من

الأنشطة الرياضية يتلائم مع ما يتميز به ، انما يعجل بالحصول على النجاح وتحقيق المستويات المطلوبة مع الاقتصاد فى الوقت والجهد والمال الذى يبذل مع افراد ليسوا صالحين لممارسة نوع معين من الانشطة الرياضية .

ولقد ساهمت الدراسات الفسيولوجية فى هذا المجال حيث امكن تحديد مدى استعدادات اللاعب الفسيولوجية لأداء مسابقات السرعة او مسابقات التحمل فى ضوء المؤشرات الفسيولوجية الهامة .

وبالرغم من أنه لا تزال هناك صعوبة فى تحديد نموذج معين للخصائص الوظيفية ترجع الى كثرة العوامل الفسيولوجية وتعدد الطرق الفسيولوجية للتعرف على الامكانات الوظيفية للاعب ، مع الأخذ فى الاعتبار تفاعل الوظائف الفسيولوجية فيما بينها أثناء عمليات التدريب ، وبالرغم من هذه الصعوبات فقد اتجه كثير من الباحثين الى التنبؤ فى مجال الانتقاء على اساس الامكانات الوظيفية للفرد بناء على عوامل كثيرة كمؤشرات وظيفية مثل الحالة الصحية العامة والامكانات الوظيفية للجهاز الدورى والتنفسى والاقتصاد الوظيفى للعمليات الوظيفية اللا ارادية وخصائص استعادة الاستشفاء بالاضافة الى مستوى الكفاءة البدنية العامة والخاصة لارتباط كل منهما بمستوى الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين ، كما يراعى ايضا مستوى الامكانات اللاهوائية لمواجهة متطلبات الأنشطة التى تعتمد على التحمل اللاهوائى .

٥/١ — التغيرات الفسيولوجية المرتبطة بالتدريب الرياضى :

يؤدى التدريب الرياضى الى حدوث تغيرات فسيولوجية مختلفة تشمل جميع اجهزة الجسم تقريبا ويتقدم مستوى الأداء الرياضى كلما كانت كانت هذه التغيرات ايجابية بما يحقق التكيف الفسيولوجى لأجهزة الجسم لأداء الحمل البدنى وتحمل الأداء بكفاءة عالية مع الاقتصاد فى الجهد ، ولابد أن يفهم المدرس والمدرب أنواع هذه التغيرات بصفة عامة والتى يمكن ايجازها فيما يلى :

(أ) التغيرات الكيميائية الحيوية :

وتحدث هذه التغيرات على مستوى الخلايا والأنسجة وتشمل التغيرات الهوائية والتغيرات اللاهوائية لانتاج الطاقة اللازمة للأداء الحركى بالاضافة الى التغيرات النسبية فى الألياف العضلية السريعة والألياف العضلية البطيئة .

وتشمل التغيرات الهوائية للعضلة تحت تأثير التدريب الرياضى زيادة كل من الميوجلوبين واكسدة الجليكوجين وعدد وحجم الميتوكوندريا « بيت الطاقة » وزيادة نشاط انزيمات التمثيل الغذائى الهوائى ودائرة كربس وزيادة مخزون الجليكوجين بالعضلة وزيادة اكسدة الدهون وزيادة مخزن ثلاثى الجلسرين وزيادة قدرة العضلة على استخدام الدهون كوقود للطاقة .

أما التغيرات اللاهوائية بالعضلة فتشمل زيادة كفاءة انتاج الطاقة اللاهوائى بنظام ATP—PC وزيادة مخزون العضلة من مصادر الطاقة اللاهوائية وهى الادينوسين ثلاثى الفوسفات (ATP) وفوسفات الكرياتين وزيادة نشاط الانزيمات المساعدة على الطاقة اللاهوائية وزيادة قدرة العضلة على استخدام الجليكوجين لانتاج الطاقة فى غياب الأكسوجين .

بينما تشمل التغيرات النسبية للألياف العضلية السريعة والبطيئة زيادة كفاءتها الهوائية وزيادة قدرة الألياف السريعة على انتاج الطاقة اللاهوائية عن طريق الجليكوجين وزيادة حجم الألياف العضلية .

(ب) تغيرات الجهاز الدورى :

ترتبط التغيرات الفسيولوجية للجهاز الدورى تحت تأثير التدريب الرياضى بكل العمليات المساعدة على زيادة نقل واستهلاك الأكسوجين سواء كانت هذه التغيرات تظهر على اللاعب فى حالة الراحة أو فى حالة أداء الحمل البدنى مختلف الشدة حيث تظهر التغيرات أثناء الراحة فى شكل

زيادة تجويف القلب للاعب التحمل وسمك عضلة القلب للاعبى الانشطة الأخرى وانخفاض معدل القلب وزيادة نغمة العصب الحائر (Vagal) للجهاز العصبى الباراسيمبثاوى وانخفاض تأثير الجهاز العصبى السمبثاوى وزيادة حجم الدم الذى يدفعه القلب فى الضربة الواحدة وزيادة قدرة عضلة القلب الانقباضية وزيادة حجم الدم والهيموجلوبين وزيادة حجم العضلات الهيكلية وكثافة ما بها من شعيرات دموية .

وتختلف نوعية هذه التغيرات الفسيولوجية تبعا لدرجة شدة الحمل البدنى ، فعندما تكون شدة الحمل البدنى أقل من الشدة القصوى ، فيلاحظ قلة الاعتماد على الجليكوجين وزيادة الاعتماد على اكسدة الأحماض الدهنية لانتاج الطاقة مع نقص انتاج حامض اللاكتيك ونقص الحاجة الى الأكسوجين مع زيادة القدرة على استهلاك حامض اللاكتيك كمصدر للطاقة الهوائية مع زيادة حجم الضربة وزيادة قوة انقباض القلب وزيادة معدله وزيادة سريان الدم الى العضلات العاملة وزيادة استهلاكها للأكسوجين .

ويتميز أداء الحمل البدنى الأقصى بزيادة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين وزيادة حجم الدفع القلبى وزيادة انتاج حامض اللاكتيك وزيادة نشاط الانزيمات المساعدة على استهلاك الجليكوجين وزيادة حجم ضربة القلب وزيادة معدل الضربات .

(جـ) تغيرات الجهاز التنفسى :

تزيد التهوية الرئوية القصوى وهى حجم هواء التنفس فى الدقيقة مع العلم بأنها لا تعتبر عاملا معوقا للحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين وتأتى هذه الزيادة نتيجة زيادة حجم هواء التنفس فى المرة الواحدة وزيادة معدل التنفس فى الدقيقة الواحدة ، وتزيد فاعلية التهوية الرئوية بحيث يوجه معظم الأكسوجين الى العضلات العاملة ويزيد حجم الرئتين مما يزيد من فرصة زيادة تبادل الغازات مع الدم .

(د) تغيرات فسيولوجية اخرى :

بالاضافة الى التغيرات الفسيولوجية العامة السابق ذكرها فان البعض منها يرتبط ببعض التغيرات الاخرى مثل تركيب الجسم والبعض الاخر يرتبط بمستويات الكوليستيرول وثلاثى الجلسرين بالدم وضغط الدم وتأقلم الجسم مع الحرارة والتغيرات المرتبطة بالأنسجة الضامة ويمكن تلخيص هذه التغيرات بملاحظة نقص الدهن الكلى بالجسم مع زيادة قليلة لوزن الجسم بدون الدهن ونقص الوزن الكلى للجسم ، كما يؤدى التدريب الرياضى الى تخفيض مستوى الكولوستيرول وثلاثى الجلسرين فى الدم ، كما ينخفض ضغط الدم اثناء المجهود وفى حالة الراحة ، وتزيد قدرة الجسم على العمل فى الجو الحار وتزيد قوة العظام والأربطة والأوتار .

ولا تقتصر التغيرات الفسيولوجية للتدريب الرياضى فقط على هذه الأجهزة الا أنها تشمل ايضا اجهزة الاخراج والجهاز العصبى والهرمونى وغيرها سوف يتم تناولها بالتفصيل خلال فصول الكتاب التالية

٦/١ — المبادىء الفسيولوجية للتدريب الرياضى :

وفى ضوء فهم المدرب لهذه التغيرات الفسيولوجية فانه يضع برنامجه التدريبى بحيث يراعى المبادىء الفسيولوجية مثل مبدأ نوعية التدريب Specificity of Training ومبدأ الحمل الزائد Overload Principle وغيرها .

١/٦/١ — مبدأ نوعية التدريب :

دلت الخبرة على ان المدرب الناجح هو الذى يخطط برنامجه التدريبى بحيث ينمى هذا البرنامج الخصائص التى يتطلبها نوع النشاط الرياضى التخصصى للاعب ، ويشمل ذلك تدريب اللاعب باستخدام التدريبات التى تعمل على تنمية نظام الطاقة الذى يعتمد عليه اللاعب فى تخصصه الرياضى كما يجب ان تستخدم نفس الحركات الخاصة بهذا النشاط حتى يتم التركيز على تدريب المجموعات العضلية العاملة والمشتركة فى اداء النشاط الرياضى التخصصى تبعا لطبيعة عملها .

ومن المعروف ان نظم انتاج الطاقة تختلف تبعا لاختلاف الانشـــطة الرياضية ، فبينما يحتاج لاعب المسافات الطويلة الى تنمية نظام انتـــاج الطاقة الهوائى فان لاعب المسافات القصيرة يحتاج الى تنمية نظام الطاقة اللاهوائى ، وهناك انشطة رياضية تتطلب قدرا متساويا من النظامين ، لذا فان تدريب اللاعب على تنمية نظام الطاقة الذى يتطلبه نشاطه الرياضى التخصصى يســـاعد فى تركيز البرنامج التدريبى لتحقيق الأهداف المطلوبة ،

كما أن التركيز على التدريبات التى يتم فيها استخدام نفس المجموعات العضلية المشتركة فى النشاط الرياضى يعتبر اكثر فاعلية وفائدة . فعنـــد تدريب لاعب السباحة مثلا يفضل استخدام اجهزة المقاومة التى تســـمح للسباح بالتدريب عليها وهو فى وضع السباحة بحيث تقوم الذراع بعملية الشد ضد هذه المقاومة ، وبنفس معدل السرعة الذى تحدث به الحركة فى الماء وتساعد أجهزة تدريبات السباحة الحديثة على تحقيق ذلك .

٢/٦/١ — مبدأ زيادة الحمل :

- يقوم هذا المبدأ الفسيولوجى على أن كفاءة أجهزة الجسم تنمو عندما تقوم هذه الأجهزة بالعمل عند الحد الأقصى لها لفترة معينة من الوقت حتى يحدث التأثير المطلوب بمعنى ان العضلة يجب أن تعمل بأقصى شدة لهـــا لكى تنمو القوة العضلية وتعمل بأقصى كفاءة لها لينمو التحمـــل فاذا لم تستخدم الاحمال العالية فان مستوى اداء اللاعب لا يتقدم وتســـاعد المعلومات الفسيولوجية فى تحديد مكونات الحمل البدنى من حيث درجـــة شدته وفترة دوامه وكثافته حتى يتحقق هذا المبدأ الفســـيولوجى بالقدر الملائم حتى تتحقق الفائدة المرجوة منه مع عـــدم المغالاة بما لا تظهر الآثار السلبية على اللاعب حينما ترتفع مكونات حمل التدريب بدرجة اعلى من مقدرة اللاعب فتحدث حالة الاجهاد .

ولذا فان المدرب يجب ان يستخدم حمل التدريب بحيث يؤدى ذلك الى حدوث حالة « التعب » Fatigue ولكنه فى نفس الوقت يتجنب وصول اللاعب الى حالة « الاجهـــاد » Exhaustion الذى يحـــدث نتيجة زيادة التعب الناتج عن اســـتخدام الأحمال التدريبية ذات الشـــــدات المرتفعة ولفترات طويلة ، وتؤدى هذه الحالة الى عدم قدرة للاعب على التدريب او المنافسة ، ويرجع السبب فى ذلك الى حالة الكف التى تحدث فى كثير من اجزاء القشرة المخية بالجهاز العصبى .

وبالرغم من أن اســـتخدام الحمل الأقصى والأقل من الحمل الأقصى لفترة طويلة يتســـبب فى حدوث الاجهاد والاصابات ، الا أن اللاعب يجب أن يتدرب عند مستوى يقترب من ذلك فى بعض الأحيان حتى يتعود عـــلى تخطى الألم العضلى والنفسى الذى يحدث له خلال الأداء فى المنافسة ؛ ويجب أن يكون المدرب حريصا عند تطبيق هـــذا المبدأ بحيث يقى اللاعب من الآثار الســـــلبية للاجهاد ، ويتم ذلك من خلال تفهمه لحالة اللاعب ومقدرته على التدريب والتقويم المستمر لحالته التدريبية والصحية .

٣/٦/١ — مبدأ التدرج فى زيادة الحمل :

بناء على هذا المبدأ فان زيادة حمل التدريب يجب أن تحدث بطريقة تدريجية وعلى فترات زمنية تسمح بحدوث التكيف الفســـيولوجى ، وهذه الفترات تتراوح ما بين الأسابيع والأشهر والســـنوات ، ولتحقيق زيادة الحمـــل يفضـــل دائما التدرج بزيادة احدى مكوناته ، وبناء على ذلك فان الأساس العام هنا أن تكون الفترات الأولى للتدريب تتميز باســـــتخدام الحمل المنخفض مع التدرج فى زيادة دوام الحمـــل فى البداية ثم بعد ذلك يتم زيادة شدة الحمل تدريجيا .

٤/٦/١ — مبدأ التنمية الشاملة :

بالرغم من اهمية تركيز برامج التدريب لتنمية متطلبات النشـــــاط

الرياضى التخصصى ، الا ان هذا لا يتم من البداية دون بناء قاعدة عامة من الاعداد العام والتنمية الشاملة لمعظم اجهزة ووظائف الجسم ، وبذلك يمكن تنمية الاعداد الخاص بالتركيز على متطلبات النشاط الرياضى التخصصى ، وتطبيقا لهذا المبدأ ما يلاحظ حاليا من استخدام لاعبى المصارعة ورفع الأثقال لتدريبات السباحة والجرى والوثب ، وكذلك ما يتوم به لاعبى السباحة والجرى والوثب من استخدام تدريبات الأثقال وغيرها عند الاعداد العام .

١/٦/٥ — مبدأ الفروق الفردية :

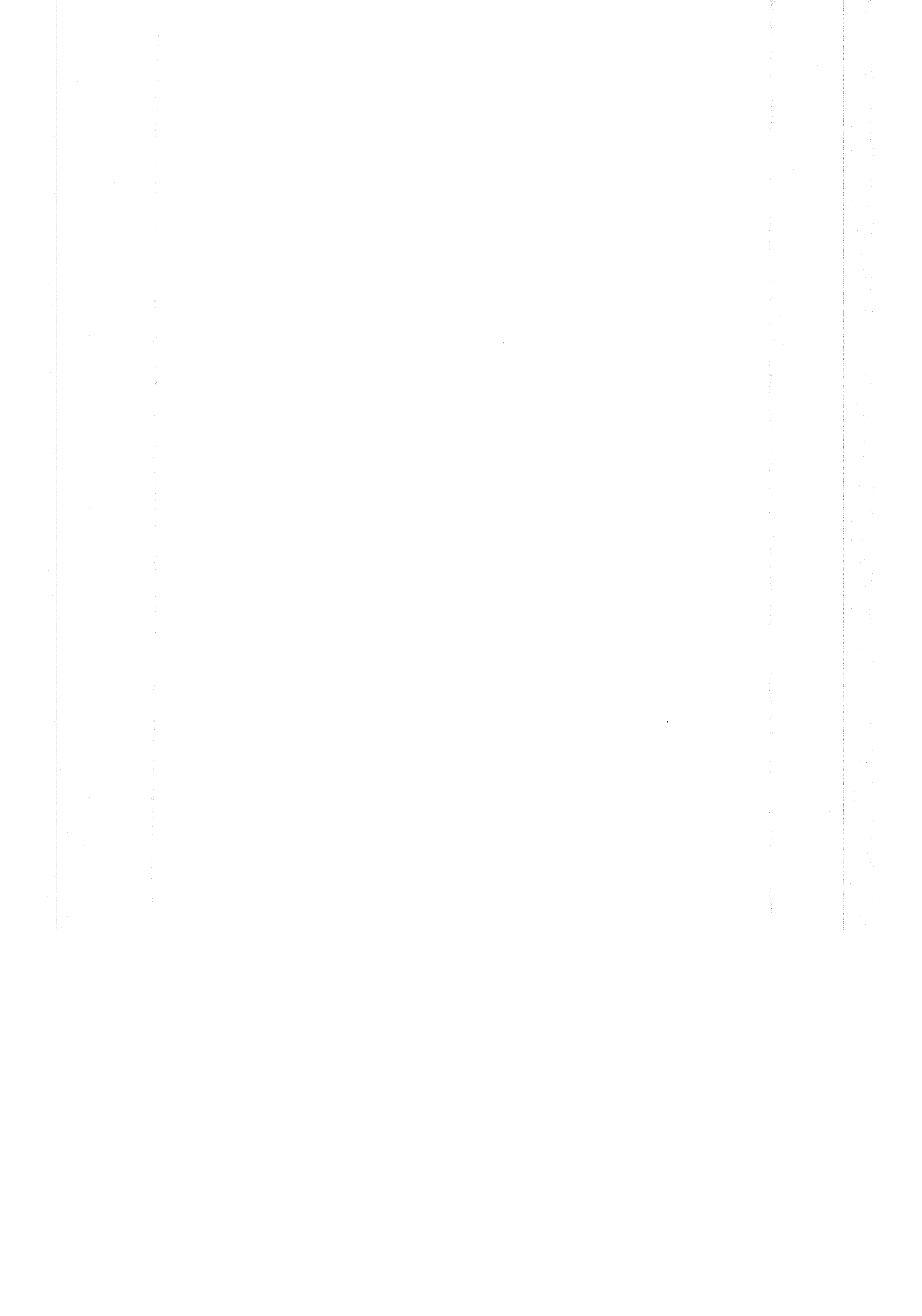
لا يتشابه الأفراد فى قدراتهم وخصائصهم البيولوجية والعقلية وغيرها ، ولذا فان هناك دائما توجد فروق فردية بين الأفراد فى تحملهم لأداء حمل التدريب ، وقد يكون حمل التدريب ملائما لأحد اللاعبين بينما يؤدى نفس هذا الحمل الى تأثيرات سلبية لدى لاعب آخر ، ولذلك فان تشكيل حمل التدريب يجب ان يتم فى ضوء هذه الفروق ، وبناء على العوامل الكثيرة المرتبطة بها مثل العمر الزمنى والعمر التدريبى والحالة الصحية والحالة التدريبية ومعدل الاستشفاء والنمط العصبى للفرد ..

وعند تطبيق هذا المبدأ يراعى دائما اختلاف تشكيل الحمل بالنسبة للأطفال والناشئين عنه بالنسبة للبالغين ، فيلاحظ انه فى الوقت الذى يحاول المدرب استخدام الحمل الاقصى فى تدريب اللاعب ، الا ان من المحظور استخدام ذلك مع الأطفال والناشئين ، ويرجع السبب فى ذلك الى أن استخدام الحمل الأقصى مع هؤلاء الأطفال يؤدى الى اصابتهم بالكسل والفتور فى الوقت الذى يجب ان يتم تدريب الأطفال مع المحافظة على وجود فائض من الجهد والوقت لديهم لممارسة طفولتهم ، وبما يسمح باتمام عمليات البناء لتعويض عمليات الهدم التى تمت اثناء التدريب ، كما ان الجهاز الحركى للأطفال والناشئين لم يصل بعد الى درجة من النضج

الكافى لتحمــل عبء التدريب كما فى حالة البالغين ، وخاصـــة بالنســبة للعمود الفقرى والجهاز العصبى اللا ارادى (الاتونومى) ، وبناء عــلى ذلك فان المدرب يجب الا تخدعه مظاهر الصحة الجيدة لدى الأطفـــال والناشئين والتى تظهر فى زيادة كفاءة الجهـــاز الدورى والجهاز التنفسى واجهزة التمثيل الغذائى ، حيث ان الجهاز العصبى اللا ارادى أكثر تعرضا للاختلال الوظيفى ، ولذا يجب مراعاة الحذر عند استخدام الأحمال البدنية ذات الشدة العالية والمتميزة بالقوة والسرعة ، وكذلك تدريبات التحمــل المتميزة بالقوة والسرعة ، وينصح دائما بزيادة تطويل فترة الراحة للسماح بزيادة عمليات الاستشـــفاء لدى الأطفـــال والناشـــئين اثناء التدريب . ولا يقتصر مبدأ الفروق الفردية على العمر الزمنى ، ولكن يراعى أيضـــا العمر البيولوجى .

كما يجب مراعاة الفروق الفردية فى الحالة الصحية والحالة التدريبية لدى الأشخاص ، فليس ضروريا أن تتفق الحالة التدريبية دائما مع الحالة الصحية للاعب نظرا لتداخل العوامل الفنية وتاثيرها على مستوى الأداء ، ولذلك يجب مراعاة الحالة الصحية والتدريبية عند وضع وتشـــكيل حمل التدريب .

ويختلف الأفراد فى ظروف معيشتهم وبيئاتهم ، ولذا فان المدرب يجب ان يراعى اختلاف اللاعبين فى هذه الظروف ، سواء كانت ظروف عائليـــة او اجتماعية او مالية او ســـــكنية ، لما لها من تاثيرات مباشرة على قدرة اللاعب وتحمله .



الفصل الثانى

٢ ـ الجهـــاز العصبى

- ١/٢ ـ مقــــدمة
- ٢/٢ ـ فسيولوجية الخليـــة العصبية
- ٣/٢ ـ تكوين الجهـــاز العصبى
- ٤/٢ ـ الجهـــاز العصبى واعضاء الاستقبال الحسى
- ٥/٢ ـ الجهـــاز العصبى والتـــدريب الرياضى
  - ١/٥/٢ ـ الجهـــاز العصبى والتعلم الحركى
  - ٢/٥/٢ ـ الجهـــاز العصبى وسرعة الاداء الحركى
  - ٣/٥/٢ ـ الجهـــاز العصبى وسرعة زمن الرجع
  - ٤/٥/٢ ـ الجهـــاز العصبى وحالة اللاعب قبل المنافسة
  - ٥/٥/٢ ـ الجهاز العصبى والتحكم فى الأداء الحركى

٢ ـ الجهـــاز العصبى

١/٢ ــ مقـــدمة :

الجهـــاز العصبى هو الجهـــاز المهيمن على جميع وظائف الجسم والذى يربط بينها وبالتالى فهو الذى يعمـــل على تحقيق وحـــدة الكائن الحى وتكامله .

والجهـــاز العصبى مجموعة من المراكز المترابطة بالرغم مما لبعض المراكز السفلى من استقلال نسبى ، وتصل الى هـــذه المراكز التنبيهات الحسية من جميع أجزاء الجسم ، كما أنهـــا تصـــدر التنبيهات الحركية الى العضلات الملساء والمخططة .

وتعتبر الخلية العصبية هى العنصر الأساسى لتكوين الجهاز العصبى حيث تعتبر الوحدة الوظيفية التى تقوم بوظائف الجهاز العصبى من توصيل المعلومات الى الاستجابة لهـــا .

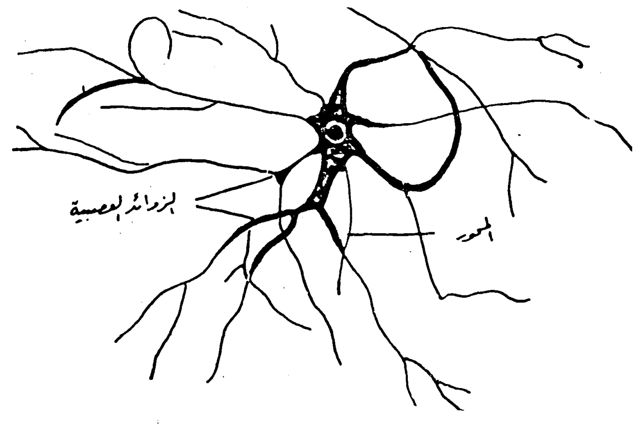
٢/٢ ــ فسيولوجية الخليـــة العصبية :

يتكون الجهاز العصبى من مجموعة خلايا عصبية ذات طبيعة خاصة مثله فى ذلك مثـــل باقى اجهزة الجسم المختلفـــة ، وتتجمع كل مجموعة من هذه الخلايا لتقوم بوظيفة معينة ويطلق عليها فى هـــذه الحالة المراكز العصبية ، ويتميز النسيج العصبى بقابليته للاستثارة والتوصيل مما يساعد فى قيامه بوظائفه فى توصيل الاشـارات العصبية واستقبالها والاستجابة لها . ومن خلال الخلايا العصبية يتم تبادل المعلومات وانتقالها بين الجهاز العصبى ومختلف أجزاء الجسم .

١/٢/٢ ــ أنواع الخـــلايا العصبية :

بالرغم من تشابه التكوين العام للخلايا العصبية الا انه يمكن تقسيمها الى ثلاثة أنواع تبعا لكل من وظائفهـــا وتركيبها وبصفة عامة فان جميع الخلايا العصبية تبعا لاختلاف انواعها تتكون من جزء مركزى يطلق عليه جسم الخلية وبه نواة الخلية ويتفرع من هذا الجسم نهاية واحدة أو اكثر

ويسمى الطرف الأطول للخلية المحور Axon ، بينما يسمى الجزء الأقصر والمتفرع « النتؤات » Dentrites او الزوائد العصبية (شكل ١) .



(شـــكل رقم ١)
خليـــة عصبية حركية من النخاع الشوكى
(عن : جوس ١٩٧٣ Goss)

وتنقسم الخلايا العصبية تبعـا لوظائفها الى ثلاثه انواع رئيسية هى : الخلايا المصدرة والخلايا الموردة والخلايا الداخلية .

(أ) الخلايا العصبية الموردة (الحسية) Afferent Neurons :

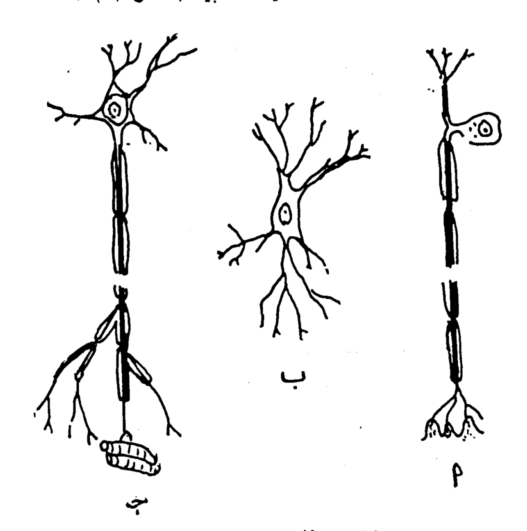
وهى تقوم بنقل التنبيهات من خارج الجسم الى داخله من المستقبلات الحسية المختلفة ومن نتوءات الخلايا العصبية الأخرى .

(ب) الخلايا العصبية المصدرة (الحركية) Efferent Neurons :

وهى المسئولة عن نقـل الاشارات العصبية من الجهـاز العصبى المركزى الى الأعضاء العاملة ومثال على ذلك توجد أجسام الخلايا العصبية الحركية التى تخرج منها الألياف العصبية الى العضلات الهيكلية فى النخاع الشوكى وبهذه الخلايا اهداب ومحور واحد .

(ج) الخــلايا العصبية الداخليــة Inter Neurons :

وهى تعتبر اقل الخلايا العصبية حجما وتقوم بالربط بين الخــلايا العصبية الموردة والمصدرة ولذا فانها توصل تاثيرها على المستوى الأفقى وليس من أسفل الى اعلى او العكس ، وبفضل تعــدد محاورها تستطيع فى وقت واحد تنبيه عدد أكبر من الخلايا العصبية (شكل ٢) .



(شــــكل رقم ٢)

أنواع الخــلايا العصبية تبعــا لوظائفها

(أ) خليــة موردة (حسية)

(ب) خليــة داخلية

(ج) خليــة مصدرة (حركية)

(عن : باس ومك شلاند ١٩٦٤ Pace and Mc Chland)

وتنقسم الخلايا العصبية تبعا لتركيبها من حيث عدد الزوائد المتفرعة من أجسامها الى ثلاثة انواع رئيسية وهى :

(أ) الخـــلايا احادية الزوائد Unipolar :

وهـــذا النوع من الخـــلايا العصبية يدخل ضمن الخلايا العصبية الحسية التى توجد زوائدها العصبية فى الجلد أو الأنسجة العميقة وتصل الى جسم الخليـــة مباشرة والذى يوجـــد خارج النخاع الشوكى والمخ ، وحينما تتجمع أجسام هـــذه الخـــلايا تشكل ما يعرف بالعقـــدة العصبية Ganglion ثم يدخل محـــور الخليـــة الى النخاع الشوكى أو جذع المخ .

(ب) الخـــلايا ثنائية الزوائد Biopolar :

تعتبر الخلايا العصبية ثنائية الزوائد أيضا من أنواع الخلايا الحسية ولكنها توجـــد فى الأعصـــاب الجمجمية Cranil Nerves وتقـــوم بوظائف الاحساسات الخاصة بالبصر والسمع والشم والتوازن .

(جـ) الخـــلايا متعددة الزوائد Multipolar :

وتتميز هذه الخلايا بكثرة زوائدها العصبية وهى تشكل جزءا كبيرا من المادة الرمادية للجهـــاز العصبى المركزى ويدخل تحت هـــذا النوع من الخلايا كل من الخلايا العصبية الحركية والخلايا الداخلية (شكل ٣) .

أحادية الزوائد — ثنائية الزوائد — متعددة الزوائد

(شـــكل رقم ٣)
أنواع الخـــلايا العصبية تبعـــا لتركيبها
(عن : برجر ١٩٨٢ Berger)

٢/٢/٢ — التمثيل الغذائى للخلايا العصبية :

يتميز التمثيل الغذائى للخلايا العصبية بسرعته واعتماده على الاكسوجين حيث يستهلك المخ حجم كبير من الاكسوجين اثناء الراحة حوالى ٤٦ مللى/دقيقة بالرغم من أن وزن المخ بالنسبة لوزن الجسم يبلغ حوالى ٢٪ وفى مقابل ذلك فان استهلاك الأكسوجين للمخ يبلغ أثناء الراحة للبالغين حوالى ٢٥٪ من حجم الأكسوجين الكلى للجسم وللأطفال الصغار يبلغ حوالى ٥٠٪ كما أن نقص امداد المخ بالاكسوجين لفترة قصيرة يمكن أن يؤدى الى تغيرات غير طيبة فى نشاط خلايا المخ تظهر فى النخاع الشوكى بعد ٢٠ — ٣٠ دقيقة وفى المخ بعد ١٥ — ٢٠ دقيقة وفى قشرة المخ بعد حوالى ٥ — ٦ دقائق ويستهلك المخ حوالى ١/٦ الى ١/٨ الطاقة خلال ٢٤ ساعة ويعتبر الجلوكوز هو المصدر الرئيسى ، ويحتاج مخ الانسان الى حوالى ١١٥ جرام من الجلوكوز خلال ٢٤ ساعة حيث ان المخ لا يحتوى على كمية كبيرة من الجلوكوز ويحصل على ما يحتاج اليه من الدم .

٣/٢/٢ — الجهد الكهربائى لجدار الخلية العصبية :

تعتبر الوظيفة الأساسية للخلية العصبية هى الاستثارة وتوصيل هذه الاستثارة ، ارتباطا بوجود شحنة كهربائية على غشائها يرجع الى فرق الجهد الكهربائى نتيجة خاصية النفاذية التى يتمتع بها غشاء الخلية العصبية لتسمح بمرور أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلور .

فى حالة الراحة يسمح غشاء الخلية بمرور ايون البوتاسيوم وغالبا لا يمر أيون الصوديوم من داخل الخلية الى خارجها وفى نفس الوقت فان سطح جدار الخلية لا يعتبر مانعا سلبيا ولكنه يقوم بدوره خلال ما يسمى « ضخ الصوديوم — بوتاسيوم » ليسمح بخروج الصوديوم من داخل الخلية الى خارجها وبناء على ذلك يقل تركيز الصوديوم داخل الخلية عن خارجها ويزيد فى داخل الخلية البوتاسيوم وكنتيجة لاختلاف تركيز الأيونات حول غشاء الخلية يظهر فرق الجهد الكهربائى حيث يكون فى داخل الخلية سلبيا وفى خارجها ايجابيا ويبلغ فرق الجهد اثناء الراحة (—٧٠ مللى فولت) تقريبا

وعنـد استثارة الخليـة العصبية تزيد خاصية النفـاذية لغشائها مما يسمح بدخول ايون الصوديوم الى داخلها ونتيجة لذلك يقل فرق الجهد الكهربائى وتسمى هـذه الحالة « فقـد الاستقطاب » Depolarization فاذا كانت الاستثارة على درجة كافية من القوة فان عملية فقد الاستقطاب تصل الى مقدار الحد الأدنى للاستثارة وتسمى « مقدار العتبة الفارقة » ونتيجة لذلك يظهر « فرق جهد الحركة » Action Potential .

وكنتيجة لظهور فرق جهد الحركة يظهر تيار كهربائى فتصبح الحالة داخل الخليـة موجبـة وخارجهـا سالبة وفى نفس الوقت يسمح لأيون البوتاسيوم بالخروج من داخل الخلية الى خارجها وتستغرق هذه العملية فترة زمنية قصيرة جـدا تبلغ اجزاء من المللى ثانية ، ويعود مرة أخرى الوضع الى ما كان عليه اثنـاء حالة الراحة حيث يخرج ايون الصوديوم من الداخل الى الخارج بفضل ضخ الصوديوم بوتاسيوم كما يدخل أيون البوتاسيوم الى داخل الخلية .

وهذه الحالة يطلق عليها « فرق جهد الراحة » Resting Potential وتتبع عملية الاستثارة فى هـذه الحالة قانون « الكل أو العدم » بمعنى اما أن تحدث اذا كانت بقوة كافية أو لا تحدث اطلاقا كما تصبح الخليـة اثناء ذلك فى حالة عدم القابلية للاستثارة بمعنى أن اى استثارة لهـا لا تؤدى الى زيادة قوة الاستثارة السابقة وهـذه الفترة هى التى تحدد طبيعة الحـد الأقصى لعـدد الاشارات العصبية التى ترسلها الخليـة فكلما كانت قصيرة زادت سرعة توصيل الاشارات العصبية ، حيث يتميز غشاء الخلية بقدرته على نقل حالة الحركة من جزء الى آخر وبذلك تنتقل الاشارة العصبية على طول الخلية العصبية وعند ذلك تبلغ سـعة فرق الجهد فى الليفة العصبية حوالى ١٢٠ مللى فولت .

٤/٢/٢ — توصيل الاشارات العصبية بين الخـلايا :

تتصل الخلايا العصبية بعضها ببعض بواسطة ما يسمى Synapse وهى كلمة لاتينية تعنى « اتصال » ويتكون الاتصـال العصبى من ثلاثة عنـاصر :

١ — النهاية العصبية للخلية العصبية Presynaptic Terminals

٢ — سطح الخلية العصبية المستقبلة Postsynaptic Receptor Erea

٣ — الفاصل بين الجزئين السابقين Synaptic Cleft

وكلما زادت اهمية دور الخلية العصبية زاد عدد الاتصالات العصبية بها فمثلا توجد على اجسام الخلايا العصبية الحركية بالنخاع الشوكى حوالى ١٥٠٠٠ — ٢٠٠٠٠ اتصال عصبى ، وتنتقل الاشارة العصبية فى معظم الأحيان من خلية عصبية الى اخرى بالطرق الكيميائية حيث تؤدى عملية تغيير فرق الجهد عند وصولها الى النهاية العصبية الى خروج مادة كيميائية وسيطة تسمى « أستيل كولين » وتوجد فى بعض خلايا النخاع الشوكى والعقد العصبية ومادة النور ادرينالين وتوجد فى نهايات الأعصاب السمبثاوية وفى الهيبوثلامس .

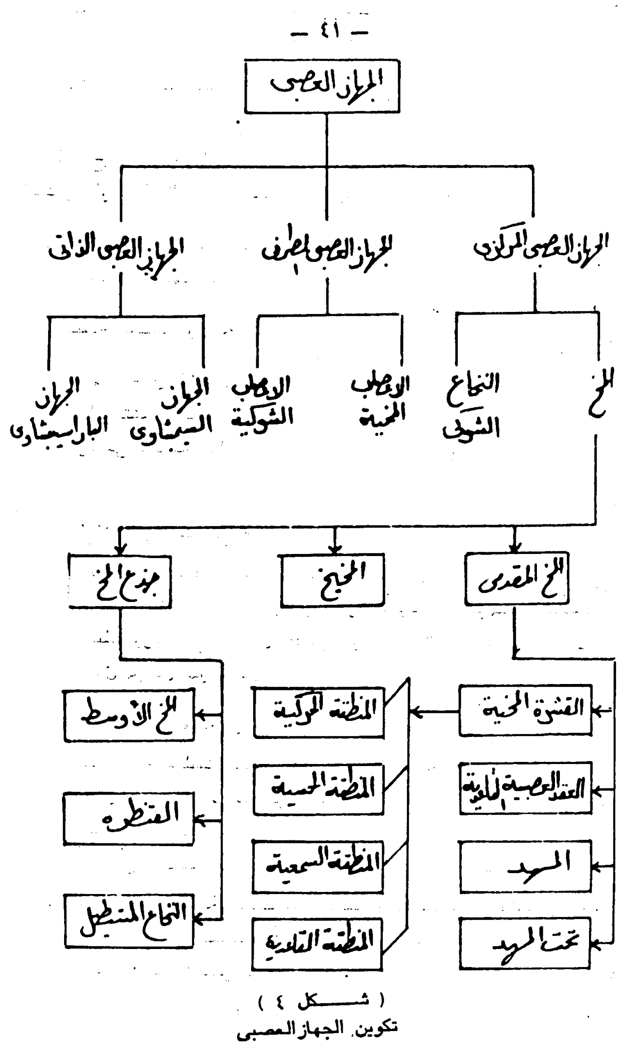
٣/٢ — تكوين الجهاز العصبى :

تختلف وظائف الجهاز العصبى وتتعدد ولكى يستطيع الجهاز العصبى أن يقوم بوظائفه فانه لكل نوعية من هذه الوظائف جزء من الجهاز العصبى يقوم بها ، وفى ضوء ذلك يمكن تقسيم الجهاز العصبى الى ثلاثة اجزاء : كما يلى (شكل ٤) .

— الجهاز العصبى المركزى The Central Nervous System

— الجهاز العصبى الطرفى The Peripheral Nervous System

— الجهاز العصبى الذاتى (الاتونومى)
The Autonomic Nervous System



(شـــكل ٤)
تكوين الجهاز العصبى

١/٣/٢ — الجهاز العصبى المركزى :

يتكون الجهاز العصبى المركزى من المخ والنخاع الشوكى ويحميهما من الخارج الجمجمة والعمود الفقرى ويعتبر الجهاز العصبى المركزى مركز اصدار الأوامر فى الجسم وتتلخص أهم وظائفه فيما يلى :

- تنظيم نشاط جميع انسجة واعضاء الجسم والتنسيق فيما بينها لأداء الوظيفة المتكاملة .
- تهيئة الجسم لمواجهة متغيرات البيئة الخارجية .
- يقوم المخ فى الانسان بوظيفة التفكير وتوجيه الحركات الارادية ومن خلال القشرة المخية يتم توجيه الوظائف الأكثر صعوبة فى النشاط الوظيفى للانسان مثل العمليات النفسية (الادراك والتفكير والتصور والتذكر وغيرها) .

١/١/٣/٢ — المخ : The Brain

يوجد المخ فى داخل تجويف الجمجمة وهو يزن لدى الانسان البالغ من ١٢٨٠ — ١٣٨٠ جرام وهو يعتبر الجزء الرئيسى فى الجهاز العصبى المركزى ويبلغ وزنه فى الأطفال حديثى الولادة ٣٧٠ — ٤٠٠ جرام ويزيد تدريجيا خلال مراحل نمو الطفل .

ويقوم المخ بمجموعة من الوظائف الحيوية الهامة وهى كما يلى :

١ — يقوم المخ بوظيفته كمركز تنظيم لمعظم انشطة الجسم لكى تنتظم وتتكامل ويتم التحكم فيها بواسطة نشاط المخ ولذا فهو يستقبل الاشارات العصبية الحسية ويستجيب لها بارسال اشارات عصبية تؤدى الى احداث تغيرات فى بيئة الجسم الداخلية والخارجية .

٢ — يقوم المخ بوظيفة الشعور وتشمل الشعور بالوقت والمكان والأشخاص والأشياء كما يقوم المخ بوظيفته الحسية عن طريق اتصاله بأعضاء الحس المختلفة .

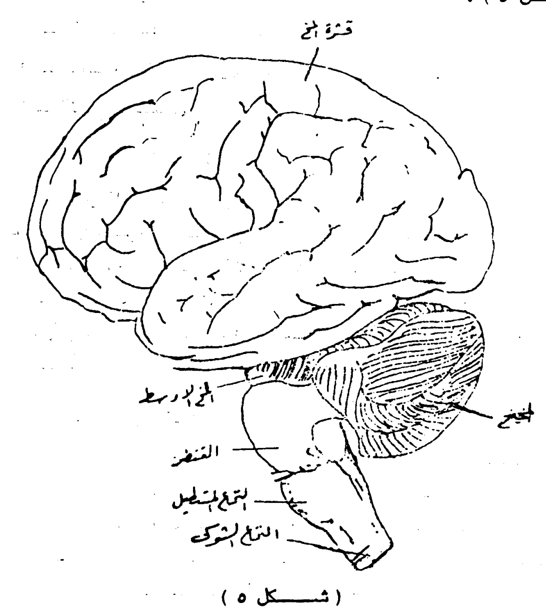
٣ — يعتبر المخ هو مركز الحركات الارادية .

٤ — تحدث الانفعالات فى المخ .

٥ — المخ هو المسئول عن الذكاء .

٦ — المخ هو المسئول عن العمليات العصبية العليـــا الخاصـــة بالتفكير والادراك والتذكر والتصور وغيرها .

ويتكون المخ من مجموعة أجزاء يقوم كل منها بوظائفه الخاصـــة بالاضـــافة الى ثلاثة اغشـــية تحيط به لحمايته وهى الأم الحنون والأم العنكبوتية والأم الجافية ، ويمكن توضيح الأجزاء الرئيسية للمخ كما يلى : (شـــكل ٥) .



(شـــكل ٥)

المخ بأقسامه الأساسية الثلاث : قشرة المخ — المخيخ — جذع المخ

عن : شوتيلوس وسوتيليوس ١٩٧٨

Schottlius, B.A. and Schottelius D.D.

(أ) المخ المقدمى : Cerebrum

١ — القشرة او اللحاء . Cortex

٢ — العقد العصبية القاعدية . Basal Ganglia

٣ — المهد (الثلامس) . Thalamus

٤ — تحت المهد « الهيبوثلامس » . Hypothalamus

(ب) المخيخ : Cerebellum

(جـ) جذع المخ : Prain Stem

١ — المخ الأوسطى . Midbrain

٢ — القنطرة (قنطرة فارول) . Pons

٣ — النخاع المستطيل . Medulla

(أ) المخ المقدمى :

يعتبر المخ المقدمى هو اكبر كتلة نسيج عصبية داخل الجمجمة وهو يتكون من القشرة او اللحاء والمراكز العصبية تحت القشرة التى تسمى العقد العصبية القاعدية والمهاد وتحت المهاد (الهيبوثلامس) . وتحتوى الطبقة الخارجية للمخ المقدمى على اجسام الخلايا العصبية ولذا فان لونها رمادى واسفلها توجد المادة البيضاء التى عادة ما تحتوى على زوائد الأعصاب المتفرعة من اجسام الخلايا العصبية .

١ — القشرة المخية « اللحاء » :

تحتوى القشرة المخية على حوالى ١٤ بليون خلية عصبية وهى تخزن حجم هائل من المعلومات عن الخبرة السابقة وكذلك نماذج الاستجابات الحركية كما تقوم بعض المناطق منها بوظائف خاصة عن طريق استقبالها للاشارات العصبية الحسية من الأعصاب الحسية وتستجيب لها عن طريق الأعصاب الحركية ، ولكل وظيفة من وظائف اعضاء الجسم منطقة بالقشرة المخية تتحكم فى عملها وترتب هذه المناطق من اعلى الى اسفل ترتيبا عكسيا بالنسبة لمواقع اعضاء الجسم حيث ان ابعد اعضاء

الجسم عن القشرة المخية وهو اصبع القدم الكبير يكون مكان التحكم فيه فى اعلى مكان بقشرة المخ وهكذا يليه القـدم ثم السـاق فالفخذ وغيرها ثم الوجه الذى يعتبر مكانه اقل المناطق انخفاضا فى القشرة المخية وتحتل مناطق اليدين والوجه مساحات اكبر فى القشرة المخية ولذا تتعدد درجات تحكم الانسان الحركى فى هذه الأعضـاء ، وتمر بعض محاور الخـلايا العصبية لقشرة المخ بطريقة مباشرة (بدون وصلات عصبية) الى الخلايا العصبية الحركية بينما يتصل البعض الآخر بكثير من الخلايا الاخرى قبل أن يصل الى الخلايا العصبية الحركية ، ويلاحظ أن جميع اعضا الجانب الأيسر فى الجسم تكون مناطقهم العصبية على العكس فى القشرة المخيـة حيث تكون فى الجانب الأيمن والعكس الصحيح .

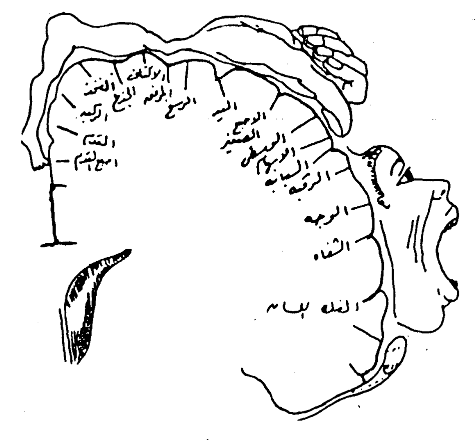
وتسـتقبل قشرة المخ جميع المعلومات التى ترد اليها عن طريق الحواس المختلفة مثل البصر والسمع والمفاصل والعضلات الناعمة والهيكلية من جـذع المخ لتذهب كل منها الى منطقـة مختلفـة فى المنطقة الحسية بالقشرة المخيـة التى ترسل اشاراتها العصبية الى المنطقة المحركة التى تعطى الاشارات العصبية الأصلية لتأخذ طريقها الى سائر اعضاء الجسم وفيما يلى عرض لمناطق القشرة المخية تبعا لوظائفها :

— المنطقة الحركية The Motor Area

وتقع هـذه المنطقة فى الجزء الخلفى للفص المقدمى وترتب مناطق السيطرة على اجزاء الجسم بهذه المنطقة عكسيا حيث ان اعلى جزء بهـا يسـيطر على اخمص القدم واقل جزء انخفاضا يسيطر على الراس (شـكل ٦) .

— المنطقة الحسية The Sensory Area :

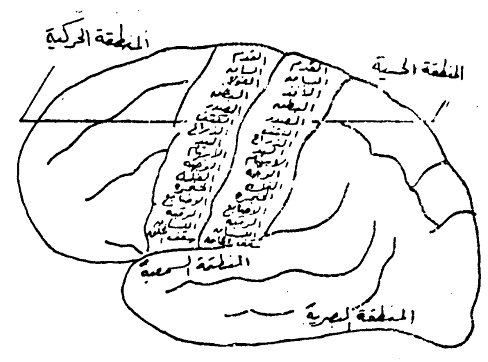
وهذه المنطقة تقع خلف المنطقة المحركة وتسـتقبل هذه المنطقـة الاحساسات المختلفة مثل اللمس والألم والحرارة والضغط والاحسـاس العضلى ويتبع تقسيم هذه المنطقة نفس تقسـيم المنطقة المحركة كما ان احساسات الجانب الأيمن للجسم توجد فى النصف الأيسر للمخ المقدمى والعكس (شـكل ٧) .



(شـــكل ٦)

المنطقة الحركية لقشرة المخ والعضلات المتحكمة فيها

(عن : جوس ١٩٧٣ Goss)



(شـــكل ٧)

المناطق الحسية والحركية للقشرة المخية

ـ المنطقة السمعية The Auditory Area :

وهى تقع فى كلا الفصين الصدغيين لنصفى المخ المقدمى اســـفل شق سلفيان وكلا المنطقتان مسئولتان عن استقبال الأصوات من الاذن عن طريق الأعصاب السمعية .

ـ المنطقة البصرية The Visual Area :

وتقع هذه المنطقة فى الفص الخلفى لنصفى المخ المقدى وهى المسئولة عن استقبال الاحساسات البصرية من العين .

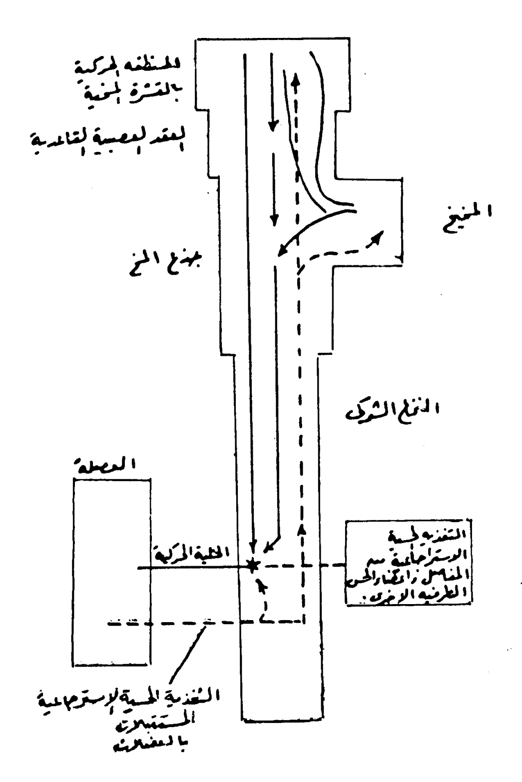
ويطلق على الالياف العصبية التى تمر مباشرة الى الخلايا العصبية الحركية الحركية من خلال الجزء القشرى بالنخاع الشوكى مصطلح « المر القشرى النخاعى The Corticospinal Path Way او مصـــطلح النظـــام الاهرامى Pyramidal System نظرا لأن الخلايا العصبية لهذا النظام ترتبط بعضها ببعض بما يشبه الشكل الأهرامى .

٢ ـ العقد العصبية القاعدية :

وهى مجموعة من الخلايا العصبية المختصة بتنظيم الحركات الارادية وترتبط ارتباطا وثيقا بالمهـــد « الثلامس » وتحت المهد « الهيبوثلامس » وتوجد هذه العقد العصبية اســـــــفل القشرة المخية مباشرة ، ومن اهم الأجزاء التى تتكون منها هذه العقد القاعدية المهد والنواة العدسية ونواة المذنب المضلع . .

٣ ـ المهد (الثلامس) :

يقوم المهد بتحويل المعلومات الى القشرة المخية فيما عدا المعلومات الخاصة بحاسة الشم كما يقوم بتكميل هذه المعلومات قبل ارســـالها الى قشرة المخ ويشترك هـــذا المهد ايضا فى النوم وفى المشى ويمكن للمهد ان يحس بالأحاسيس القوية كالارتفاع الشديد فى درجة الحرارة .



(شــــكل ٨)

رسم تخطيطى لبعض محاور الاشـارة العصبية الحركية

(عن : لامب ١٩٨٤ Lamb)

٤ — تحت المهـد (الهيبوثلامس) :

يقـع الهيبوثلامس تحت الثلامس مباشرة وهو يقوم بتنظيم وظائف اعضاء الجسم الداخلية عن طريق الجهاز العصبى الذاتى وتهيمن المراكز العصبية الموجودة فى الهيبوثلامس على الوظائف الحيوية المختلفة بالجسم كما يجب ان نذكر ان الهيبوثلامس أيضـــا يقع تحت تأثير القشرة المخية ويسيطر الهيبوثلامس على معظم نشاط الغدد الصماء والتحكم فى درجـة حرارة الجسم وفى النوم واليقظة وضغط الدم وعمليات التذكر والتعلم .

(ب) المخيـــخ :

ويوجد المخيخ فى الجزء الخلفى الســفلى لتجويف الجمجمة ويتكون ايضا من القشرة الرمادية الخارجية والالياف البيضاء بالداخل وهو يقوم باستقبال الاشارات العصبية عن وضع الجسم فى الفراغ من القنـوات الهلالية فى الأذن وكذلك يستقبل الاشارات العصبية من العضلات والمفاصل والجلد ويقوم المخيخ بوظائفه المختلفـة فى التوافق بين الحركات الارادية المركبة كما يلعب دورا فى المحـافظة على النغمة العضـلية وفى الأفعال الانعكاسية اللازمة للحفاظ على القوام العادى والتوازن والحفاظ عـلى التوقيت الطبيعى لأداء وتكامل الحركات العضلية وخاصة ما يدخل منهـا فى المهارات الحركية مثل الكتابة على الآلة الكاتبة او العزف على البيانو وغيرها .

(جـ) جـذع المـخ :

يقع جذع المخ الى الخلف فى الحفرة الخلفية بقاع الجمجمة ويشتمل على ثلاثة اجزاء هى المخ الأوسط والقنطرة والنخاع المستطيل حســـب الترتيب من اعلى الى أسفل .

يقوم جذع المخ بتوصيل الألياف العصبية الحســـية والحركية من والى المخ كما يوجد به ايضا مراكز عصبية تقوم بتنظيم الوظائف الحيوية اللا ارادية بالجســم مثل نشـــاط الجهاز الهضمى والقلب وضغط الدم والتنفس وتوازن الجسم واوضاعه وتنظيم حركات العين .

١ — المـخ الأوسـط :

يوجد المخ الأوسط بين المخ المقدمى والمخيخ وهذا الجزء من المـخ هو المسئول عن الانعكاسات الاسترشادية كأن يسـتجيب الشـخص للارشادات التوجيهية بتدوير الراس او تحريك العينين فى اتجاه المثير كما ان هذا الجزء ايضا مسـئول عن النغمة العضلية والوظائف اللا ارادية كالتنفس وعمل القلب وتحركات العين أو تثبيتها واتسـاع حدقتها فى الظلام وتضيقها فى الضوء .

٢ — القنطرة « قنطرة فارول » :

وهى توجد بين المخ المتوسـط والنخاع المسـتطيل وتقوم بالربط بينهما .

٣ — النخاع المستطيل :

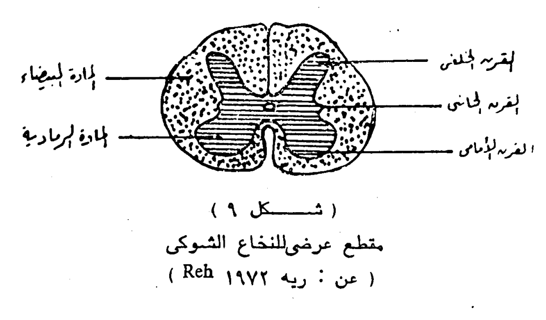
يقوم النخاع المستطيل بالربط بين النخاع الشـوكى وقنطرة فارول ويقوم بتوصيل الألياف العصبية الحسية والحركية من والى المخ وتوجـد به أيضا تجمعات المراكز العصبية المسـئولة عن تنظيم الوظائف الحيوية المختلفـة .

٢/١/٣/٢ — النخاع الشوكى : The Spinal Cord

يوجد النخاع الشوكى فى داخل القناة الشـوكية ويتصل بالمخ عن طريق النخاع المستطيل ويمتد داخل العمود الفقرى حتى المنطقة القطنية ويلاحظ أن المقطع العرضى للنخاع الشـوكى يحتوى على مادتين احدهما رمادية اللون والأخرى بيضاء ، وتوجد المادة الرمادية فى مركز النخـاع الشوكى وهى تتكون من اجسـام الخـلايا العصبية ونتوءاتها اما المادة البيضاء فهى تمثل الألياف العصبية المصدرة او الموردة الى المخ ويشـبه تجمع المادة الرمادية حرف H تحيط به المادة البيضاء (شـكل ٩) .

وتدخل جميع الألياف الحسية الى النخاع الشوكى من خلال القرن الخلفى Dorsal Horn بينما تخرج الألياف العصبية الحركية واعصاب الجهاز العصبى اللا ارادى من القرن الأمامى Ventral Horne ، وتزيد الألياف

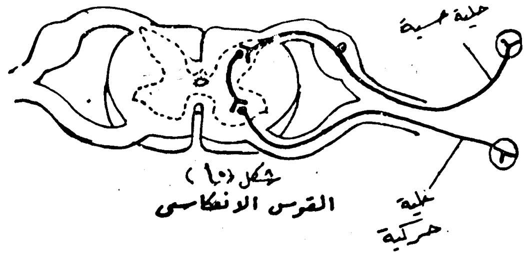
العصبية فى القرن الخلفى اكثر من القرن الامامى حيث تبلغ النسبة لدى الانسان ٥ : ١ نظرا لكثرة المعلومات الواردة الى الجهاز العصبى عن طريق المستقبلات الحسية بالعضلات والاوتار والجلد والاوعية واعضاء الجسم الداخلية ، بينما تخرج الألياف العصبية من القرن الامامى لتتجه الى العضلات الهيكلية او الى العقد العصبية (شكل ١٠) .



(شكل ٩)

مقطع عرضى للنخاع الشوكى

(عن : ريه ١٩٧٢ Reh)



شكل (١٠)

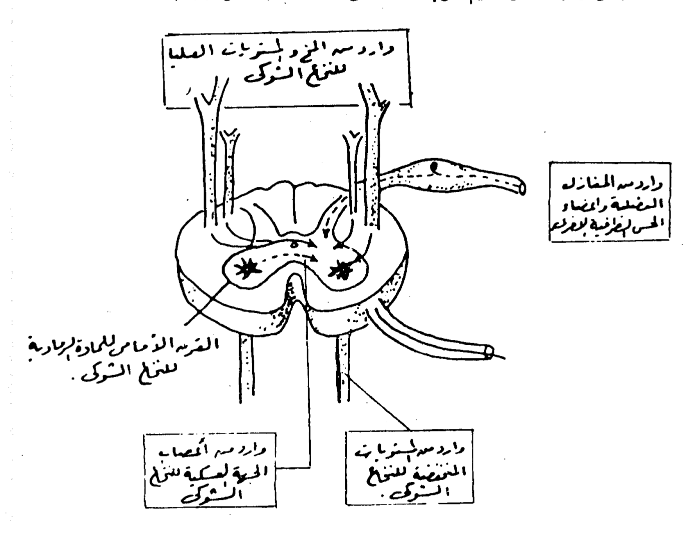
القوس الانعكاسى

(عن : ريه ١٩٧٢ Reh)

ومن بين لخلايا العصبية الحركية للنخاع الشوكى يلاحظ أن هناك خلايا كبيرة تسمى خلايا « الفا » وخلايا صغيرة تسمى خلايا « جاما » وتقوم خلايا « الفا » باصدار الاشارات العصبية اللازمة للانقباض العضلى تحملها الياف عصبية سميكة ، بينما تقوم الألياف العصبية الرفيعة لخلايا جاما بنقل المعلومات عن الحركة الى المخ ، ويحتوى النخاع الشوكى أيضا

على الخلايا الداخلية والتى تقوم بتنظيم توافق العـــــلاقات المتبادلة بين الخلايا العصبية الحركية على مستوى النخاع الشوكى .

ويقوم النخاع الشوكى بدور رئيسى فى توجيه عمل العضلات الهيكلية بالجسم فيما عدا عضلات الوجه ، ويساعد النخاع الشوكى على التوافق بين عمل المجموعات العضلية المختلفة عن طريق الانعكاســـات الحركية للقبض والبسط وتنظيم درجة الشد فى العضلة (شكل ١١) .



(شـــــكل ١١)

بعض الألياف العصبية المؤثرة للخلايا العصبية الحركية
بالنخاع الشوكى فى المستويات المنخفضة
(عن : لامب Lamb)

ويتصل النخاع الشوكى بأعضاء الجسم الأخرى عن طريق الأعصاب النخاعية الشوكية وعددها واحد وثلاثون زوجا وتتلخص وظائف النخاع

الشوكى فى توصيل الاشارات العصبية من والى المخ بالاضافة الى قيامه بالعمل مستقلا فى حالة الفعل الانعكاسى .

٢/٣/١/٢/١ — توصيل الاشارات العصبية فى النخاع الشوكى:

كما سبق القول ان المادة البيضاء فى النخاع الشـــوكى تتكون من الاعصاب **الموردة** والاعصاب **المصدرة** من والى المخ وهذه الاعصاب اربعة انواع هى :

١ — الأعصاب الحسية التى تنقل الأحاسيس المختلفة الى المخ .

٢ — الأعصاب الحركية التى تنقل الاشـــارات العصبية الحركية من المخ الى اعضاء الجسم .

٣ — الأعصاب الموصلة بين أجزاء النخاع الشوكى وبعضها .

٤ — الأعصاب المتقاطعة التى تربط نصف الجسم الأيمن بالنصف الأيسر .

٢/٣/١/٢/٢ — الفعل المنعكس : _ Reflex Action

الفعل المنعكس هو رد الفعل اللا ارادى للجسم ويقوم به الجهـــاز العصبى كاستجابة لمنبه ويسمى طريق سريان الاشارة العصبية (القوس المنعكس) Reflex Arc وهو يتكون من النهاية العصبية الحســية ثم الليفة العصبية الحسية والمركز العصبى للفعل المنعكس فى المادة الرمادية داخل النخاع الشوكى ثم الى الليفة العصبية الحركية ثم الى الجزء المتأثر بالاشارة العصبية الحركية .

ويمكن توضيح مكونات القوس المنعكس تبعا لتسلسل حدوثها عندما يلمس الاصبع حرارة شديدة مثلا فيتم القوس الانعكاسى كما يلى :

١ — استثارة المستقبلات الحسية بالجلد بواسطة الحرارة .

٢ — تنتقل الاشارات العصبية الحسية من مكان لمس الحرارة الى النخاع الشـــوكى .

٣ — يتم فى النخاع الشوكى توصيل الاستثارة الى الخلية العصبية الحركية اما بطريقة مباشرة او عن طريق الخلايا العصبية الداخلية .

٤ — ترسل الخلية العصبية الحركية اشاراتها العصبية الآمرة الى عضلات الذراع .

٥ — تقوم عضلات الذراع بالانقباض لتبعد الذراع عن مصدر الحرارة .

ويقوم النخاع الشوكى بمجموعة من الأفعال المنعكسة الحركية « غير الشرطية » ويمكن تقديمها فيما يلى :

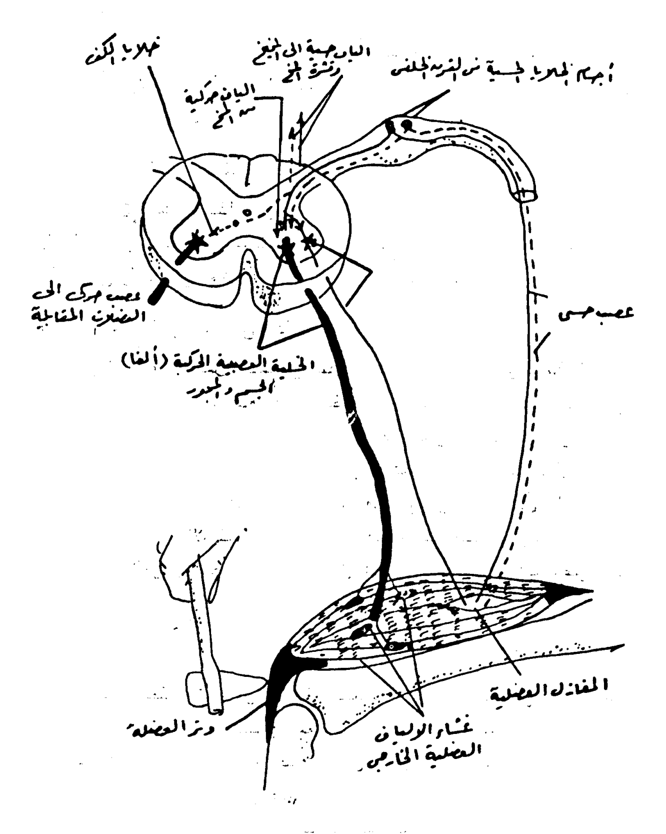
(أ) الفعل المنعكس لشد العضلة : Stretch Reflex

يحدث هذا الفعل المنعكس نتيجة شد العضلة فيؤدى ذلك الى انقباضها ويحدث هذا عند الطرق على العضلة او على وترها (فى حالة الوتر يمكن أن يسمى الفعل الانعكاسى الوترى) وهذا الفعل المنعكس يستدعى حدوثه أخصائى الاعصاب عند الطرق بالمطرقة فوق وتر العضلة ذات الأربع رؤوس الفخذية حيث يؤدى الطرق فوق الوتر الى شد سريع للعضلة مما يؤدى الى انقباض العضلة ذات الأربع رؤوس الفخذية لحظيا. وفى حالة ما اذا كان الشد على العضلة لفترة طويلة فان الفعل الانعكاسى هنا ايضا يستمر لفترة طويلة ويأخذ شكل النغمة العضلية كاستجابة مستمرة للشد المستمر على العضلة . ويحدث الفعل الانعكاسى عند شد العضلة نتيجة استثارة النهايات العصبية الحسية فى المغازل العضلية الموجودة فيما بين الالياف العضلية فتقوم بارسال اشاراتها العصبية الحسية الى النخاع الشوكى ثم تنتقل الى الخلايا العصبية الحركية من من نوع الفا فتقوم باصدار اشارا تعصبية لتنقبض العضلة .

وتعتبر قوة شد العضلة هى المنبه الرئيسى للمستقبلات الحسية بالمغازل العضلية وذلك فى الظروف الطبيعية (شكل ١٢) .

(ب) الفعل المنعكس الانقباضى : Flexor Reflex

يعتبر هذا النوع من الانعال المنعكسة من اكثر أنواع الأفعال الانعكاسية للنخاع الشوكى صعوبة نظرا لاحتوائه على التوافق بين العضلات المختلفة ، ويظهر هذا الفعل المنعكس عند استثارة المستقبلات الحسية بالجلد بمثيرات مثل الألم والحرارة وغيرها وعند ذلك يحدث



(شـــكل ١٢)

الفعل المنعكس للشـــد (The Stretch Relfex)

(عن لامب Lamb ١٩٨٤)

انقباض عضلى سريع وقوى للعضلات القابضة لابعاد الجسم عن مصدر الاستثارة وهذا النوع من الافعال الانعكاسية يعتبر من الانواع الدفاعية ويتكون القوس المنعكس لهذا الفعل المنعكس من عدة خلايا عصبية تشمل الخلايا الحسية والداخلية والحركية .

(جـ) الفعل المنعكس الانبساطى : Extensor Reflex

يدخل تحت هذا النوع من الأفعال المنعكسة عدة انواع مختلفة الوظائف من الافعال المنعكسة مثل الافعال المنعكسة للدفع والانبساط التقاطعى وفيما يلى توضيح هذه الأفعال المنعكسة .

١ — الفعل المنعكس للدفع : Poush Reflex

ويظهر هذا الفعل المنعكس عند استثارة جلد القدم بواسطة الضغط فان الفعل المنعكس فى هذه الحالة يختلف عن الفعل المنعكس الانقباضى حيث انه لا يؤدى الى سحب القدم لابعاده عن المثير ولكن يؤدى الى تقريبه من المثير فاذا كان هدف الفعل الأول هو الابتعاد عن المثير كفعل دفاعى عن الجسم فان هدف الفعل الثانى هو هدف بيولوجى يعمل على توفير اتصال بمكان الارتكاز عند الوقوف ودفعه عند الحركة وهذا الفعل الانعكاسى يظهر فى الحركات المركبة مثل المشى والجرى والوثب وغيرها .

٢ — الفعل المنعكس الانبساطى التقاطعى :
Crossed Extensor Reflex

ونتيجة لهذا النوع من الأفعال المنعكسة بالنخاع الشوكى فان الفعل الحركى لا يظهر فقط فى الطرف الذى تم استثارته ولكن ايضا يظهر فى الطرف الآخر بمعنى أن تنبيه احد الطرفين يؤدى الى استجابة كلا الطرفين معا وليس استجابة طرفا واحدا حيث تؤدى عملية انقباض احد الأطراف الى الفعل المنعكس التقاطعى بانبساط عضلات الطرف الآخر ليتحمل ثقل الجسم فى حالة الوقوف على قدم واحدة وثنى مفصل الركبة للرجل الأخرى مثلا أو فى حالة المشى وغيرها ، ويضم هذا النوع من الأفعال المنعكسة أنواع أخرى اكثر صعوبة مثل الفعل المنعكس للخطوات حيث تتحرك الذراعين اثناء خطوات المشى .

٣ — الفعل المنعكس الايقاعى : Rhythm Reflex

يعتبر الفعل المنعكس الايقاعى من اهم مكونات مختلف الحـركات المركبة سواء الارادية او اللا ارادية ، ويظهر هذا الفعل المنعكس بصفة خاصـة اثناء اداء الحركات المتكررة مثل المشى والجرى والسـباحة والدراجات ، ويتكون الفعل المنعكس الايقاعى من عدة أنواع مختلفة من الأفعال المنعكسة ومن ابسـط هذه الأنواع الفعل المنعكس الترددى وهو يؤدى الى تنفيذ انقباض وارتخاء نفس العضلة فى نفس طرف الجسم .

وكذلك يحتوى هذا الفعل المنعكس على انواع اكثر تعقيدا مثل الفعل المنعكس للخطوات الذى يظهر فى المشى والجرى وغيرها . حيث تتطلب هذه الحركات ليس عمل طرف واحد من الجسـم ولكن يشترك فيها كلا طرفى الجسم ويشترك ايضا فى ذلك الفعل المنعكس التقاطعى .

٢/٣/٢ — الجهاز العصبى الطرفى :

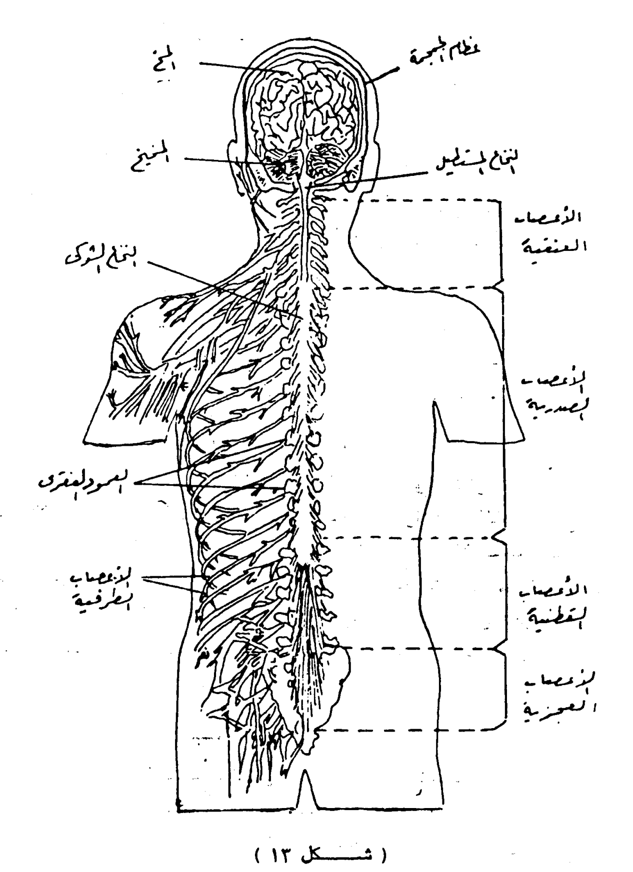
يتكون الجهاز العصبى الطرفى من الأعصـاب والضفائر التى تربط بين الأعصاب المصدرة والموردة والجهاز العصبى المركزى (المخ والنخاع الشوكى) لذا فان هذه الأعصاب تنقسم الى نوعين هما الأعصاب المخية او الجمجمية The Cranil Nerves وهى الاعصـاب القـادمة من المخ ، والأعصاب الشوكية Spinal Nerves وهى الاعصـاب التى تخرج من النخاع الشوكى وجميع هذه الأعصاب تخرج من الجهاز العصبى فى شكل ازواج سواء كانت مخية او شوكية (شكل ١٣).

(ا) الأعصاب المخيـة :

تتكون هذه الأعصاب من أثنى عشر زوجا من الأعصاب القادمة من المخ ومعظم هذه الأعصاب من النوع المختلط اى تحتوى على الياف حركية واخرى حسية ولكل من هذه الأزواج العصبية وظائفها المختلفة واسمائها المعروفة بها وفيما يلى نذكر هذه لأعصاب :

١ — العصب الشمى Olfatory خاص بحاسة الشم .

٢ — العصب البصرى Optic خاص بحاسة الابصار .



(شـــكل ١٣)

الجهاز العصبى المركزى والجهاز العصبى الطرفى

(عن : شيرمان ولبوكيانو ١٩٧٥ Sherman and Luciano)

٣ — العصب المحرك للعين Oculomotor تحريك العين .

٤ — العصب البكرى Trochlear تحريك العين .

٥ — العصب التوأمى الثلاثى Trigeminal الاحساس باللمس والألم والحرارة من خلال الألياف العصبية من الوجه والأسنان وغيرها .

٦ — العصب المبعد Abducens تحريك العين .

٧ — العصب الوجهى Facial التذوق عن طريق الألياف الحسية للملح والحلوى بينما يقوم بتعبيرات الوجه عن طريق الألياف المحركة .

٨ — العصب السمعى Acoustic يختص بحاسة السمع والاتزان .

٩ — العصب اللسانى البلعومى Glossopharyngeal التذوق والبلع .

١٠— العصب الحائر Vagus وظائف الجهاز الدورى والمعـدى والمعوى والأحبال الصوتية وبعض مراحل البلع .

١١— العصب التابع Accessory مسئول عن الاحساس بعضلات أعلى الجذع مثل الرأس والكتفين .

١٢— العصب تحت اللسانى Hypoglossal عضلات اللسان .

وجميع هذه الأعصاب تقع على السطح الأسفل من المخ ويطلق احد الأرقام على كل زوج منهـا ابتداء من الجزء الأمامى من المخ الى الجزء الخلفى وهذه الأعصـاب تخرج من داخل الجمجمة عبر ثقوب صغيرة يتم توزيعها على باقى أعضاء الجسم المختلفة .

(ب) الأعصاب الشوكية :

وهذه الأعصاب تخرج من النخاع الشوكى ولها وظائف حسـية وحركية فى نفس الوقت وينقسم كل عصب عند خروجه من القناة الشوكية الى فرعين أحدهما خلفى والآخـر أمامى وكل من الفرعين يحتوى على

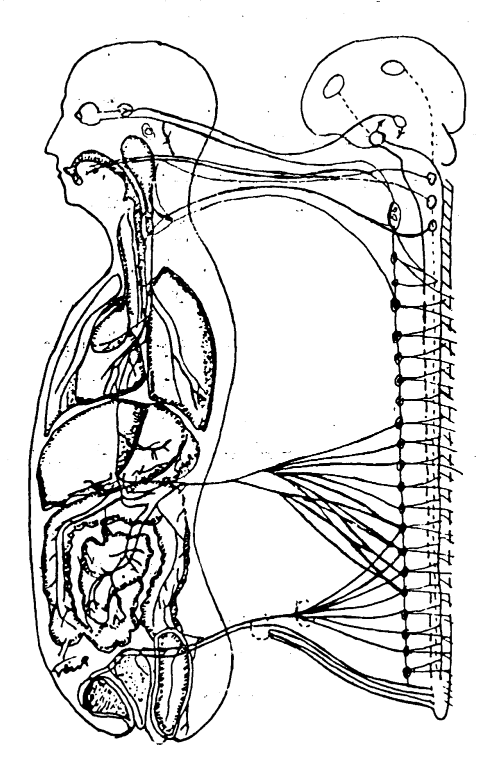
الياف حسية والياف حركية فى نفس الوقت ، ويقوم الفرع الخلفى بامداد عضلات وجلد الظهر بينما يقوم الفرع الأمامى بامداد العضلات والجلد فى الجزء الأمامى من الجسم ، الا ان الفروع الامامية اسفل منطقة الرقبة وفى المنطقة القطنية لهـا ضخامتها وتلتحم معـا فى شـكل معقـد على هيئة مجموعات لتكون الشبكات العصبية Nerve Plexuses ومن هذه الشبكات العصبية تخرج سلاسل من الاعصاب الكبيرة التى تمد العضلات بالألياف الحركية وتمد الجلد بالألياف الحسية فى أطراف الجسم العليا والسفلى ، ويبلغ عدد الأعصاب الشوكية ٣١ زوجا توزيعها كما يلى :

- الأعصاب الرقبية Cervical وعددها ٨ أزواج .
- الأعصاب الصدرية Thoracic وعددها ١٢ زوجا .
- الأعصاب القطنية Lumbar وعددها ٥ أزواج .
- الأعصاب العجزية Sacral وعددها ٥ أزواج .
- زوج من الأعصاب العصعصية Coccygeal .

٣/٣/٢ — الجهاز العصبى الذاتى (اللا ارادى) :

يعتبر هـذا الجهـاز احد اجزاء الجهاز العصبى ويطلق عليه عدة مصطلحات منها الجهاز العصبى الذاتى او الاوتونومى او الجهاز العصبى اللا ارادى Involuntary ويتكون هذا الجهاز من الأعصاب الحسـية والحركية ، الا ان الاشارات الحسية لهذه الأعصاب نادرا ما ينتج عنهـا احاسيس واعية ولكنها فقط لمجرد التحـكم فى مختلف وظائف الجسـم وبالاضافة الى الأعصاب فان الجهاز العصبى الذاتى يحتوى ايضـا على العقد العصبية ، وهذه الأعصاب تتصل بجميع اعضاء الجسـم فيما عدا العضلات المخططة ويتحكم هذا الجهاز فى انقباض وارتخاء عضلات الأوعية الدموية وسرعة وقوة انقباض عضلة القلب وفى عضـلات وغدد الجهاز الهضمى وافرازات الغدد الصماء ومن الممكن القول ان هذا الجهـاز هو المسئول عن تكيف اعضاء الجسم مع الحمل البدنى أثناء اداء النشاط الرياضى

فى التدريب أو المنافسة ويقوم بالعمل على توازن البيئة الداخلية للجسم مع متغيرات البيئة الخارجية مثل الحرارة والرطوبة (شكل ١٤) .



(شكل ١٤)

الجهاز العصبى الذاتى

وينقسم الجهاز العصبى الذاتى الى نوعين هما الجهاز العصبى السمبثاوى والجهاز العصبى الباراسيمبثاوى ويعمل الجهازان بطريقة عكسية فى تاثيرهما على اعضاء الجسم حيث يتم تغذية كل عضو بليفة عصبية من كل جهاز .

(أ) الجهاز العصبى السمبثاوى :

The Sympathetic Nervous System

يتكون الجزء الاكثر ظهورا للجهاز السمبثاوى من ٢١ أو ٢٢ زوجا من العقد العصبية القريبة من العمود الفقرى والتى تتصل به عن طريق عصب شوكى ويقوم هذا الجهاز بتسهيل سرعة انتاج الطاقة وهو ما يحتاج اليه اللاعب اثناء اداء الأنشطة الرياضية وكذلك فى بعض الحالات النفسية ويتم ذلك من خلال قيام هذا الجهاز بالوظائف الآتية : (شكل ١٥) .

١ — زيادة حجم الدم السارى فى الدورة الدموية الخارج من المخازن .

٢ — ارتفاع ضغط الدم المصاحب لزيادة سرعة القلب والدفع القلبى .

٣ — توسيع الشرايين التاجية وشرايين العضلات الهيكلية .

٤ — زيادة سكر الدم نتيجة تكسير الجليكوجين وتحويله الى جلوكوز فى الكبد .

٥ — توسيع الشعيبات الهوائية بالرئتين لزيادة استيعاب الاكسوجين .

٦ — توسيع انسان العين .

(ب) الجهاز العصبى الباراسيمبثاوى :

The Parasympathetic Nervous System

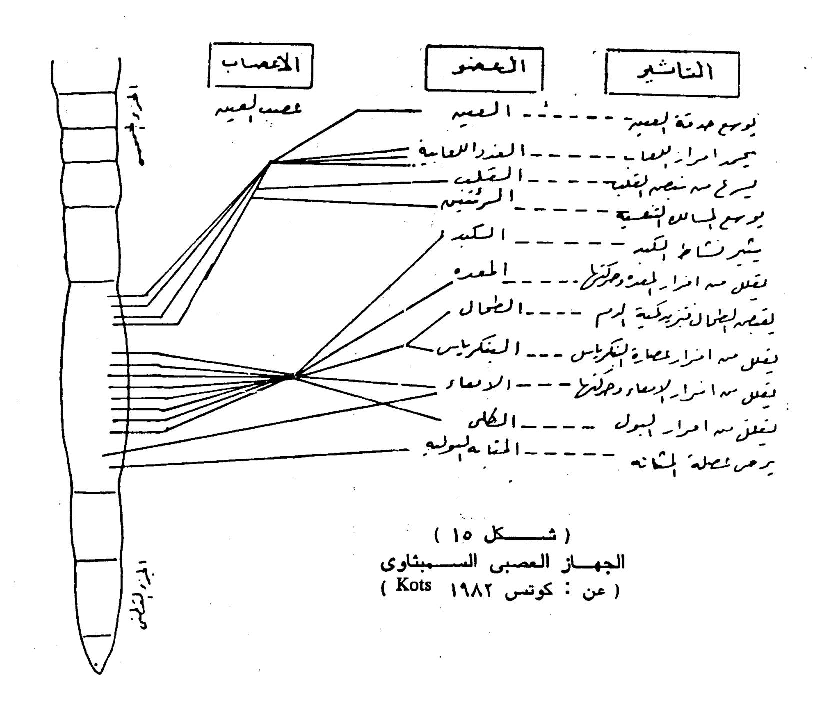
يقع مركز هذا الجهاز فى المخ والنخاع الشوكى ويقوم هذا الجهاز بوظيفة تنظيم جميع عمليات الجسم الفسيولوجية اثناء الراحة وفيما يلى بعض هذه الوظائف (شكل ١٦) .

١ — تبطىء سرعة القلب .

٢ — تخزين الجليكوجين فى الكبد .

٣ — انقباض الشعيبات فى الرئتين .

٤ — انقباض انسان العين .

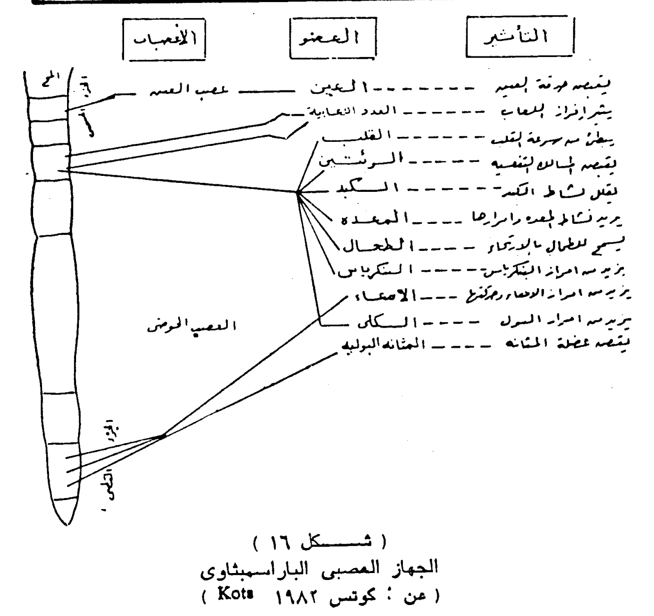


(شـــكل ١٥)
الجهـــاز العصبى الســـمبثاوى
(عن : كوتس ١٩٨٢ Kots)

جـــدول (١)

بعض تاثيرات تنبيهات الجهاز العصبى الذاتى

اعضاء الجســم	السيمبثاوى	البارالسمبثاوى
عضلات أوعية الجلد	انقباض	ارتخــاء
عضــلة القلب	تنبيـــه	تثبيط
عضلات الشعيبات	انبساط	انقباض
عضلات الجهاز الهضمى	انبســاط	أرتخـــاء
العضلات المعاصرة	انقباض	انبساط
الغدد الهضمية	تثبيط	تنبيـــه
الغدد العرقية	تنبيـــه	لا تأثير



(شـــكل ١٦)

الجهاز العصبى الباراسمبثاوى

(عن : كوتس ١٩٨٢ Kota)

٤/٢ — الجهاز العصبى وأعضاء الاستقبال الحسى :

يتطلب السلوك الحركى للانسان فى البيئة المحيطة استمرار تحليل الظروف الخارجية وكذلك احساس المراكز العصبية بحالة أجهزة الجسم الداخلية وهناك جهاز خاص يقوم بمهمة تحليل المثيرات الخارجية والداخلية اطلق عليه العالم بافلوف مصطلح مستقبل او محلل Analysor والفكرة الحديثة عن المستقبلات او المحللات بأنها ذات مستويات مختلفة ومعقدة التركيب تقوم بنقل المعلومات من المستقبلات الى قشرة المخ وما لها من تأثير تنظيمى على المستقبلات والمراكز العصبية مما يجعلنا نطلق عليها الأجهزة الحسية « الحواس » .

١/٤/٢ — الوظائف العامة للمستقبلات :

يحتوى كل مستقبل على ثلاثة اجزاء مختلفة هى :

١ — **الجزء الطرفى** : وهو يتكون من المستقبلات التى يستقبل كل منها علامات محددة ولكل منه تكوينه الخاص وهو الجزء من المستقبل الذى يعتبر من اعضاء الحس مثل العين ، الأذن ، وغيرها .

٢ — **الجزء التوصيلى** : ويشمل طرق توصيل الأحساس والمراكز الحسية التى تحت قشرة المخ .

٣ — **الجزء القشرى** : وتشمل مناطق قشرة المخ التى تستقبل المعلومات الخاصة بكل منها (مناطق السمع — البصر ... الخ) .

وعادة يتكون الطريق العصبى الذى يربط بين العضو المستقبل وخلايا قشرة المخ من اربعة انواع من الخلايا العصبية .

النوع الأول : خلية عصبية حسية توجد خارج الجهز العصبى المركزى فى العقد العصبية للنخاع الشوكى .

النوع الثانى : توجد فى النخاع الشوكى او المخ المتدمى او المخ المتوسط .

النوع الثالث : توجد فى نوايات الثلامس فى المخ المتدمى .

النوع الرابع : تعتبر خلية تشرية وتوجد فى مناطق نشرة المخ .

وتعتبر من أهم وظائف جهـــاز الحواس فى رأى العالم بافلوف هو جمع المعلومات الأولية عن الظروف البيئية الخارجية وكذا الحالة الداخلية لأعضاء الجســم ، وأهم وظيفة يقوم بها هذا الجهاز هى امداد المراكز العصبية بنتائج الأفعال الانعكاسـية بمعنى « العلاقات العكســية » وبفضل ذلك يمكن تصحيح وتعديل الاستجابات الانعكاسية المختلفة لأعضاء الجسم وأولها الاستجابات الحركية حيث يجب أن يستقبل الجهاز العصبى المركزى معلومات عن قوة وفترة دوام الانقباض العضلى وعن سرعة ودقة تحريك الجســم وعن تغيرات ايقاع الحركة وعن درجة تحقيق الهدف المطلوب وغيرها من المعلومات التى بدونها لا يمكن تشــكيل وتحسـين المهارات الحركية وبناء على ذلك لا يستطيع اللاعب تحسـين طرق الأداء المهارية بدون مثل هذه المعلومات . هذا بالاضافة الى أن جهاز الحواس يقوم بدور تنظيمى للحالة الوظيفية للجسم حيث أن اســتمرار توصيل المعلومات الى تشرة المخ من مختلف المستقبلات الحســية يعتبر عاملا مساعدا على الاحتفاظ بالمستوى الطبيعى للحالة الوظيفية .

٢/٤/٢ — فسيولوجية المستقبلات الحسية :

المستقبل الحسى هو تركيب خاص يقوم بتحويل طاقة المثير الخارجى الى طاقة خاصة على شــكل اشارة عصبية لنقل المعلومات الى المراكز العصبية وتنقسم المستقبلات الحسية الى ثلاثة انواع هى :

(أ) المستقبلات الحسية الخارجية : تستقبل المثيرات من البيئـة الخارجيــة .

(ب) المستقبلات الحسية الداخلية : تستقبل المثيرات من أعضـاء الجسم الداخلية .

(جـ) المستقبلات الحسية الحركية : تستقبل المثيرات من الجهــاز الحــركى .

ولكل مستقبل نوعية خاصة من المثيرات التى يستقبلها مثل الصوت .

او الضوء او اللمس الخ ، كما أن لكل مستقبل حد ادنى « عتبة فارقة للاستثارة » كما يمكن ان تتغير العتبة الفارقة اما بالارتفاع او بالانخفاض تبعا لظروف « التكيف » كما يحدث عندما يدخل الانسان الى مكان معتم بعد أن كان فى الضوء فترتفع العتبة الفارقة للاستثارة البصرية تدريجيا ويبدأ الانسان فى القدرة على التمييز بين الأشياء ويسمى ذلك « تكيف الاظلام » بينما تنخفض العتبة الفارقة عند الانتقال من مكان مظلم الى مكان مضىء ويحدث ما يسمى « تكيف الضوء » .

ويعبر عن قوة الاستثارة بطريقتين احدهما بتغيير معدل الاشارات العصبية « سرعة الاشارات العصبية » التى تسرى فى الألياف العصبية من المستقبل الحسى الى المراكز العصبية ، ولطريقة الأخرى بتغيير عدد الاشارات العصبية اما بزيادتها او بنقصها وبذلك فكلما زادت شدة المثير زادت سرعة الاشارات العصبية وكذلك عددها .

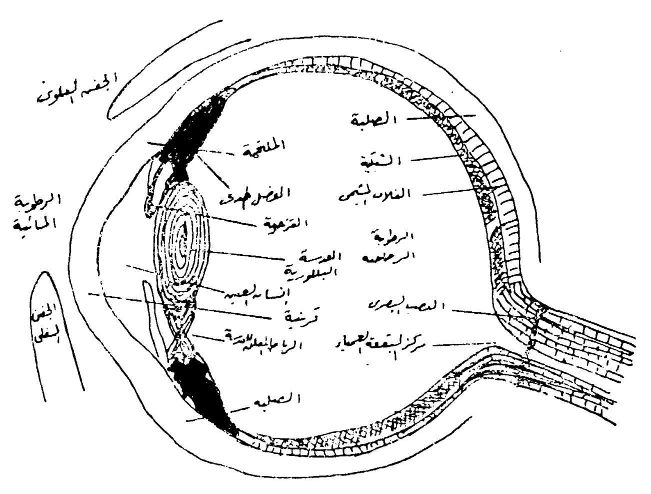
٢/٤/٢/١ — المستقبل الضوئى لجهاز الابصار « العين » :

يقوم جهاز الابصار باستقبال وتحليل المثيرات الضوئية ، وبواسطة العين يستطيع الانسان تمييز الألوان والمسافات والأحجام .

مقلة العين : هى عبارة عن كرة مظلمة يبلغ قطرها حوالى ٢٫٥ سم ، وتتكون مقلة العين من ثلاث طبقات من النسيج هى « الصلبة » والغلاف المشيمى ثم الشبكية .

والصلبة هى الطبقة الخارجية لجدار العين ويغلفها الملتحمة وهى تعمل على حماية العين نظرا لطبيعة تركيبها من غشاء أبيض صلب وفى مقدمة الصلبة توجد القرنية وهى الجزء الشفاف الذى يمر الضوء من خلاله ليصل الى العدسة والشبكية اما الغلاف المشيمى وهو الطبقة الوسطى لمقلة العين فهو عبارة عن طبقة تتكون من أوعية دموية وخلايا مملوءة بمادة ملونة قاتمة اللون ويتصل الغلاف المشيمى بالقزحية الملونة والجسم الهدبى عند الجزء الأمامى للعين والقزحية تتكون من خيوط عضلية وخلايا تحتوى على المادة الملونة وبعض الخيوط العضلية التى تأخذ شكل دوائر متداخلة وهذه العضلات هى المتحكمة فى حدقة العين وتتحكم فى

كمية الضوء التى يمكن ان تصل الى العدســـة فتنقبض فى حالة انخفاض الضوء لتوسع حدقة العين وترتخى فى حالة شدة الضوء لتصغر حـــدقة العين وتتحد لون عين الشخص تبعا للون القزحية . ويلى القزحية عدسة العين وهى عبارة عن عدســـة بللورية يمر خلالها الضــوء ليصـــل الى الشبكية (شكل ١٧) .



(شـــــكل ١٧)
تركيب العـــــين

وترجع اهمية الشبكية فى احتفاظها بخلايا الرؤية وهى عبـــارة عن غشاء رقيق وشفاف ويخرج منها العصب البصرى .

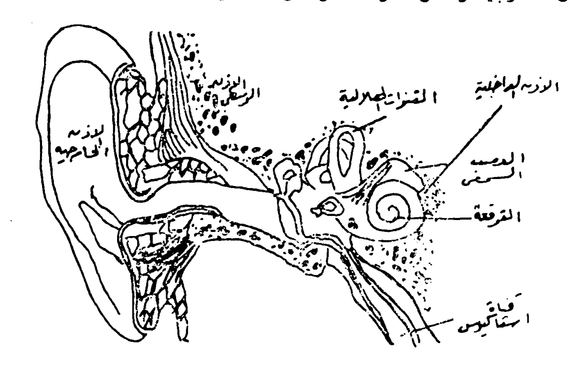
وتتحرك العين بواسطة عضلات العين فى حفرة العين وتمنع الجفون الاتربة عن العين وكذلك الضوء الشديد وتعمل الاهداب على مســــاعدة الجفون فى وظيفتها وهى تقفل كل ٦ ثوان تقريبا وبسرعة غير ملحوظة كما تحمى الحواجب العين من تساقط العرق بداخلها وحفرة العين تحميها من

الضربات الخارجية وتوجد غدة الدموع فى الحافة العلوية الخارجية للعين وهى تنشر سائل مائى ليمنع جفاف العين .

ويتم الابصار عن طريق مرور اشعة الضوء المنعكسة من الشىء المراد رؤيته من خلال القرنية فى الجزء الأمامى من العين ثم من العدسة الى الشبكية التى تستقبل الصورة مقلوبة لينقلها العصب البصرى الى المخ حيث تستعيد الصورة وضعها مرة اخرى وتتحكم عضلات القزحية فى حدقة العين لكى تسمح بمرور الضوء الكافى .

٢/٢/٤/٢ - المستقبلات السمعية : جهاز السمع

يقوم جهاز السمع باستقبال الذبذبات الصوتية من البيئة الخارجية ولذلك اهميته من ناحية ارتباطه بتنمية القدرة على المحادثة بين الأشخاص وتعتبر الأذن عضوا له تركيبه الخاص حيث تتكون من ثلاثة اجزاء هى الأذن الخارجية والأذن المتوسطة والأذن الداخلية (شكل ١٨) .



(شكل ١٨)
تركيب الأذن

(أ) الأذن الخارجية :

تتكون من الصوان والقناة السمعية الخارجية التى وظيفتها تجميع

الموجات الصوتية وترسلها الى الغشاء السمعى الخارجى ، ويتكون الجزء الخارجى من الأذن الخارجية من غضروف أما الجزء الداخلى فهو عظمى .

(ب) الأذن المتوسطة :

وهى عبارة عن حجرة تحتوى على ثلاث عظام تسمى العظيمات السمعية وهى مرتبة بحيث تنقل الذبذبات من الغشاء السمعى الخارجى الى عضو السمع الحقيقى وهو القوقعة الموجودة فى الأذن الداخلية وتتصل هذه العظام ببعضها من الخارج الى الداخل وتسمى المطرقة ثم السندان ثم الركاب الذى يتصل بالأذن الداخلية وتتصل الأذن المتوسطة بالبلعوم عن طريق قناة البلعوم السمعية « انبوبة استاكيوس » .

(جـ) الأذن الداخلية :

وتتكون الأذن الداخلية من القوقعة والدهليز والقنوات الهلالية والقوقعة هى عضو الاحساس تشبه فى شكلها القوقعة ويملأ قناتها سائل اللمف الداخلى كما يملأ سائل اللمف الخارجى اجزاء القوقعة الأخرى وعند حركة قاعدة عظمة الركاب الى الداخل والخارج يتحرك اللمف الداخلى فى القوقعة ونتيجة لذلك تحدث ذبذبات لبعض الشعيرات الداخلية لترسل اشارات عصبية الى العصب السمعى الذى ينقلها الى المخ .

أما الدهليز فهو الجزء المتوسط للأذن الداخلية حيث يتصل من الامام بالقوقعة ومن الخلف بالقنوات النصف دائرية الثلاث والقنوات الهلالية هى عبارة عن ثلاث قنوات تمتلىء بسائل الليمف الداخلى وهذه القنوات تأخذ ثلاث اتجاهات مختلفة اعلى والى الخلف والى الخارج وعند حركة الراس يتخلف السائل فى احدى القنوات الى الخلف قليلا وينتج عن ذلك ضغط يؤدى الى ارسال اشارات عصبية الى المخ ليمكنه عن طريقها تحديد اتجاه وسرعة تحريك الراس ويمكن عن طريقها ان يحافظ الانسان على اتزانه .

٢/٤/٢/٣ — جهاز الشم :

تعتبر حاسة الشم من الحواس الهامة للانسان حيث يستطيع بها تمييز الروائح المختلفة وهى تساعد ايضا فى التذوق وتوجد نهايات الأعصاب

الحسية فى جزء ضيق من الغشاء المبطن لتجويف الأنف لتتجمع فيما يسمى الغشاء الشمى ، ولكى يمكن الاحساس برائحة المادة فانها يجب أن تلامس الغشاء المخاطى للأنف مباشرة فى اى صورة من صورها ســـواء كانت فى شكل غاز او سائل او جسم صلب .

حاسة الذوق :

توجد نهايات الاعصاب المسئولة عن الذوق على اللســان وتســمى « الحلمات » وتختلف هذه الحلمات فى تخصصاتها حيث أن لكل منها تذوق معين فمنها ما هو مسئول عن تذوق المذاق الحلو والبعض الآخر عن المذاق المر او الحادق أو الســـكرى وغيرها ومن خلال الأعصاب الموجودة فى الحلمات الى مركز التذوق المخ .

٤/٢/٤/٢ — احساس الجلد :

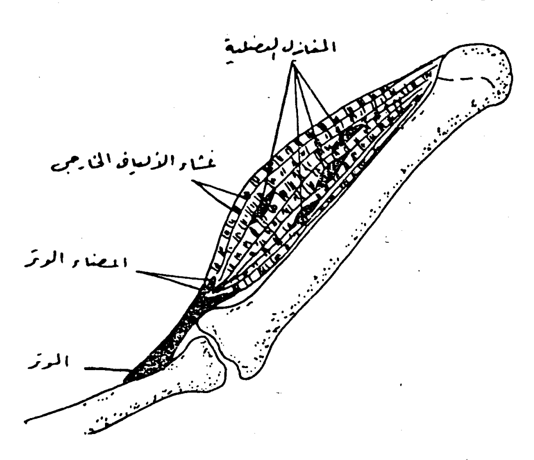
يقوم الجلد فى الجسم بعدة وظائف تشمل افراز العرق لحفظ حرارة الجسم ووقاية العضلات واعضاء الجسم وبالاضافة لذلك فانه يعتبر من اعضاء الاحساس الهامة حيث يوجد به انواع كثيرة ومختلفة تسمى أعضاء الاستقبال الجلدية Cutaneous Receptor Organs وكل من هذه الأعضاء خاص بالاحساس بنوع واحد فقط للاستثارة وهذه الاحساسات تشـمل الاحساس باللمس والبرودة والحرارة والضغط والألم (شكل ١٩) .



(شـــكل ١٩)
الجلد بما يحتويه من النهايات العصبية الحسية المختلفة

٥/٢/٤/٢ — اعضاء الاحساس الحركى العامة :
General Proprioceptors

ويتم استثارة هذه الأعضاء عن طريق حركة الجسم نفســه وهذه الأعضاء تجعلنا نشعر بالحركة او بأوضاع الجسم ككل وكذلك علاقة كل عضو من اعضاء الجسم بالأعضاء الاخرى وهذه الأعضاء الحســية لها اهميتها كممرات حسية للأفعال الانعكاســية للاحتفاظ بالقوام والنغمة العضلية وتوجد هذه الأعضـــاء فى العضلات الهيكلية والأوتار والمفاصــل (شـــكل ٢٠) .



(شـــكل ٢٠)
موقع المغازل العضلية واعضاء جولجى الوترية
(عن : لامب ١٩٨٤ Lamb)

(أ) أعضـــاء الاحســـاس فى العضـــلات الهيكلية وتســـمى المغـــازل العضـــلية Muscle Spindles وهى تنبه عندما تطول العضلة او تقصر .

(ب) أعضاء الاحساس فى الأوتار وتسمى اعضاء جولجى Golgi Organs وتنبه عن طريق التوتر الذى يحدث عندما تنقبض العضلة او تشد فينتقل ذلك الى الأوتار .

(جـ) اعضاء الاحساس فى المفاصل وتسمى كبسولات باسينيان Pacinian Corpuscles وتوجد فى الأنسجة الضامة العميقة حول المفصل وتنبه بواسطة الضغط او الاهتزاز الذى يتم حول المفصل اثناء حركته .

٢/٥ — الجهاز العصبى والتدريب الرياضى

٢/٥/١ — الجهاز العصبى والتعلم الحركى :

تظهر بعض التغيرات الوظيفية لتكيف الجهاز العصبى نتيجة لعملية التعلم الحركى والانتظام فى التدريب الرياضى حيث يظهر التأثير الايجابى الذى ينعكس على تحسين ما يسمى بعمليات الاستثارة والكف للقشرة المخية الأمر الذى ينعكس بالتالى على قوة العمليات العصبية ومرونتها ويمكن توضيح ذلك على مثال للمراحل التى تمر بها عملية تعلم المهارة الحركية ، اذ تمر هذه العملية فى ثلاثة مراحل أساسية ترتبط فيما بينها وتؤثر كل منها فى الأخرى وتتأثر بها وهذه المراحل هى :

(أ) مرحلة اكتساب التوافق الأولى للمهارة الحركية .

(ب) مرحلة اكتساب التوافق الجيد للمهارة الحركية .

(جـ) مرحلة اتقان وتثبيت المهارة الحركية .

ويتأسس تقسيم هذه المراحل الثلاثة بالصورة السابقة على طبيعة العمليات العصبية كما يراها العالم الفسيولوجى « بافلوف » وذلك على النحو التالى :

(أ) فى مرحلة اكتساب التوافق الأولى للمهارة الحركية يتميز نشاط المخ بزيادة الاستثارات غير المطلوبة ، وهذا يعنى تفوق عمليات « الاثارة العصبية » فى بادىء الأمر ، الأمر الذى يؤدى الى « اشعاع » أو « انتشار » الاثارات العصبية فى مراكز عصبية متعددة وينتج عن

ذلك اثارة عدد كبير من العضلات غير مطلوب اشـــتراكها فى الأداء الحركى واعطاء الأوامر لها بالنشاط والاستجابة الحركية الأمر الذى يجعل الأداء الحركى يبدو صعبا ومتوترا ويرتبط بالعديد من الحركات الزائدة والحركات الجانبية وبذلك يحتاج الفرد الى المزيد من الطاقة الذى يؤدى بالتالى الى سرعة الشعور بالتعب .

(ب) فى خلال مرحلة اكتساب التوافق الجيد المهارة الحركيـــة يتم تثبيط المراكز العصبية مع تقليل الاشارات العصـــبية الزائدة وهذا يعنى ظهور ما يسمى بعملية « الكف » اى عملية ابطال مفعول التنبيهات او الاثارات العصبية التى لا ترتبط بصورة اساسية بأداء المهـــارة الحركية ، الأمر الذى يؤدى الى زيادة القدرة على التمييز وتحسن الأداء التوافقى للمهارة الحركية وبالتالى التخلص من التوتر العضلى الزائد والحركات الجانبية التى ليســـت لها علاقة مباشرة بالمهارة الحركية ، ويأخذ الأداء المهارى الحركى فى التحســـن تدريجيا من خلال عمليات التدريب المنظم ومن خلال اصلاح الأخطاء أولا بأول .

(جـ) فى خلال مرحلة اتقان وتثبيت المهـــارة الحركية يتم حدوث التوازن التام بين عمليات النشـــاط العصـــبى ، اى التوازن بين عمليتى « الاســـتثارة » و « الكف » . وخلال هذه المرحلة يمكن عن طريق التدريب على اداء المهارة الحركية تحت مختلف الظروف التى تتميز بالزيادة التدريجية لتوقيت الحركة واســـتخدام القوة والتغيير فى الاشتراطات والعوامل الخارجية والأداء فى ظروف تتميز بالصعوبة والأداء فى المنافسات الرياضية ، يمكن عن طريق ذلك كله اتقان اداء الفرد الرياضى للمهارة الحركية مع الاقتصـــاد فى الجهد وحدوث التناسق بين حركات الجسم ونشاط الأعضاء الداخلية ويتســـم الأداء بالآلية وبذلك يقل احساس اللاعب بسرعة التعب.

ويجب علينا مراعاة أن اتقان وتثبيت المهارة الحركية والوصول بها الى مرحلة الآلية أى الأداء دون تدخل المزيد من العمليات العصبية ، يمكن أن يتأثر بصورة ســـلبية فى حالة انقطاع الفرد عن الانتظام فى التدريب

الرياضى لفترة معينة او فى حالة ادخـــال بعض التغييرات على شـــكل او طبيعة الأداء الحركى .

٢/٥/٢ — الجهاز العصبى وسرعة الأداء الحركى :

يعتبر الزمن من المقاييس الهامة التى تســـتخدم لقياس اســـتجابات اللاعبين نظرا لأن الوقت الذى يستغرقه اللاعب فى أداء مهارة حركية معينة أو لمحاولة بدء مهارة حركية معينة يمكن قياســـه باستخدام اجهزة دقيقة للغاية ، أى انه بواســـطة أدوات قياس الزمن يمكن تحديد الوقت الذى استغرقه اللاعب فى أداء حركى معين أو لانهاء استجابة حركية مطلوبة .

كما أن الزمن يســـتخدم أيضا فى قياس نوعين من الاســـتجابات الحركية ، هما الاستجابات الظاهرة والاستجابات الكامنة فى ذات اللاعب، والنوع الأول يطلق عليه « زمن الاستجابة » بينما النوع الثانى يطلق عليه « زمن الكمون » ، ويحسب زمن الكمون من لحظة وصـــول الاشـــارة العصبية الى العضلة وحتى استجابتها الحركية بالانقباض العضلى . وقد امكن أخيرا قياس « زمن الكمون » باستخدام رسم العضلات الكهربائى .

٣/٥/٢ — الجهاز العصبى وسرعة زمن الرجع :

تعتبر القدرة على الاستجابة الحركية لمثير معين فى اقصر زمن ممكن من العوامل الهامة . للارتقاء بمستوى الفرد الرياضى .ونفوقه فى انشطة رياضية معينة . وفى هذا المجال تلعب سرعة زمن الرجع دورا هاما .

ويقصد بزمن الرجع Reaction Time (او زمن رد الفعـــل) الزمن الذى ينقضى بين بدء حدوث مثير ما وبين بدء حدوث الاستجابة لهذا المثير. ويتأسس هذا التعريف على التسليم بوجود فاصل زمنى بين بدء ظهور المثير وبين بدء حدوث الاستجابة لهذا المثير نظرا لصعوبة الاستجابة لأى مثير بمجرد حدوثه بدون فاصل زمنى. فالمثير عندما يحدث (وليكن طلقة البدء فى مسابقة العدو) فانه يسرى نحو الأجهزة الحسية المستقبلة لهذا المثير لدى المتسابق أى نحو الأذن ، ويقوم هذا المثير (طلقة البدء) باستثارتها ومن ثم تبدأ العمليات الداخلية الكامنة فى المتسابق حيث تنقل الأعصاب السمعية

ترجمة لهذا المثير الى المخ ومن المخ الى العضلات التى تؤدى الاستجابة المطلوبة (أى حركة العدو الى الأمام) .

وينبغى التمييز بين نوعين من زمن الرجع : زمن الرجع البسيط ، زمن الرجع المركب (التمييزى) .

(أ) زمن الرجع البسيط :

هو الزمن المحصور منذ لحظة ظهور مثير واحد معروف ولحظة الاستجابة لهذا المثير ومن امثلة ذلك حالة البدء فى مسابقات العدو او الجرى أو السباحة . ويمكن تقسيم زمن الرجع البسيط الى ما يلى :

١ — بداية حدوث المثير .

٢ — اللحظة الحسية التى يحدث خلالها تلقى المستقبلات الحسية للمثير (أى استقبال الأذن لاشارة طلقة المسدس فى مسابقات العدو) .

٣ — اللحظة الارتباطية التى يحدث فيها ادراك المثير (أى ان طلقة المسدس تعنى البدء) .

٤ — اللحظة الحركية التى يحدث فيها مثيرات حركية فى جزء المخ المختص بالحركة وارسالها الى العضلات المعنية بواسطة الأعصاب المصدرة لبدء الحركة .

(ب) زمن الرجع المركب (التمييزى) :

فى حالة وجود اكثر من مثير ومحاولة الفرد الرياضى الاستجابة لمثير واحد فقط فان زمن الرجع عندئذ يطلق عليه زمن الرجع التمييزى (المركب) . وهذا النوع من زمن الرجع هو السائد فى العديد من الأنشطة الرياضية كالألعاب الرياضية والمنازلات الفردية ويمكن تقسيم زمن الرجع التمييزى الى ما يلى :

١ — بداية حدوث المثيرات .

٢ — اللحظة الحسية التى تتكون من استقبال المثيرات .

٣ — لحظة تمييز المثير عن غيره من المثيرات الحادثة فى نفس الوقت وهذا يعنى التعرف عليه وتنظيمه ضمن مجموعة معروفة لدى الفرد .

٤ — لحظة اختيار الاستجابة الحركية المناسبة للمثير .

٥ — لحظة تاهب جزء المخ المختص بالحركة فى الاعداد للاستجابة الحركية .

ويلاحظ ان كل خطوة من الخطوات السابقة تستغرق بعض الوقت ولكن معظم هذا الوقت يستنفذ داخل المخ الذى يقوم دائما العمليات عقلية تحتاج الى وقت نظرا لتراكم النبضات العصبية الصادرة من الأجهزة الحسية فيقوم بتحليلها وفى ضوء ذلك يتخذ قراره فى صورة شحنات عصبية الى العضلات المختصة بالاستجابة .

وفى ضوء ما تقدم يتضح ان تطوير زمن الرجع المركب يحتاج الى المزيد من التدريب حتى يمكن ترقيته وتطويره ، كما ينبغى مراعاة ان تنمية سرعة زمن الرجع لابد ان ترتبط بصحة ودقة الاستجابة الحركية نظرا لأن الاستجابة السريعة الخاطئة وكذلك الاستجابة البطيئة الصحيحة لا يؤديان الى احسن النتائج .

وهناك العديد من العوامل التى يمكن ان تؤثر على زمن الرجع مثل المثير ونوعية الاستجابة الحركية وكذلك الحالة النفسية للفرد . وهناك العديد من الطرق والوسائل التى تسهم فى تنمية زمن الرجع ومن هذه الطرق :

الطريقة الحسية التى قدمها « جيلير شيتن » وتتأسس على تنمية ادراك اللاعب بالفترات الزمنية القصيرة جدا كأجزاء الثانية مثلا ويتم ذلك على ثلاث مراحل تبدأ باخبار اللاعب عن زمن الاداء فى كل مرة يقوم فيها بالاستجابة الحركية وفى المرحلة الثانية يطلب من اللاعب تحديد زمن الأداء مع اخباره بالزمن الحقيقى ثم بعد ذلك يطلب من اللاعب أداء استجابات فى ازمنة معينة يحددها المدرب .

وقد ساعدت الطرق الالكترونية الحديثة فى تنمية سرعة زمن الرجع وذلك باعطاء اللاعب معلومات عن سرعة الأداء أثناء الأداء ذاته وقد تساعد مثل هذه الارشادات على استثارة اداء اللاعب بسرعة اكبر مثل استخدام

جهاز البداية فى مسابقات العدو الذى يتصل بمكبر صوت الكترونى يعطى درجة صوت تتفق مع سرعة زمن الرجع الحادث وبهذا يمكن اعطاء اللاعب صورة صوتية عن سرعة زمن الرجع أثناء الأداء .

كما أن هناك العديد من الوســائل التى يمكن بها تنمية سرعة زمن الرجع المركب فى الألعاب الرياضية والمنازلات الفردية وأمكن باســتخدام هذه الوسـائل تقليل زمن الرجع من ٢٥٪ الى ٣٠٪ .

٤/٥/٢ — الجهاز العصبى وحالة اللاعب قبل المنافسة :

تؤدى المنافسة الرياضية بصــفة عامة الى ظهور بعض الأعراض الفســيولوجية المرتبطة بالجهاز العصبى لدى الفرد الرياضى وخاصة فى مرحلة ما قبل المنافسة الرياضية . وقد اشارت بعض الدراســات فى البيئات الأجنبية وفى البيئة المصرية الى ظهــور العــديد من الاعراض الفسيولوجية على الفرد قبيل اشتراكه الفعلى فى المنافسة الرياضية . وتم تصنيف هذه الأعراض فى ضوء وجهة النظر الفسيولوجية المرتبطة بالجهاز العصبى الى ثلاث حالات هى :

(أ) حالة حمى البداية .

(ب) حالة عدم المبالاة بالبداية .

(جـ) حالة الاستعداد للكفاح .

(أ) حالة حمى البداية :

تعزى حالة حمى البداية الى زيادة عمليات « الاثارة العصبية » فى مراكز متعددة من المخ وفى نفس الوقت هبوط ملحوظ فى عمليات « الكف » التى تعمل على ابطال مفعول بعض التنبيهات أو الاثارات العصبية . ومن أهم الأعراض الفسيولوجية التى ترتبط بحالة حمى البداية ما يلى : زيادة سرعة التنفس وزيادة سرعة نبضات (دقات) القلب ، وزيادة افرازات العرق ، وزيادة ضغط الدم وزيادة ارتعاش الأطراف ، وزيادة الاحساس بالضعف فى أطراف الجسم السفلى .

وهـــذه الأعراض الفسيولوجية ترتبط ببعض الأعراض النفسية مثل الاستثارة (النرفزة) القوية الظاهرة والارتباك والشعور بالخوف وضعف التذكر وعـــدم ثبات الحالة الانفعالية وتشتت الانتباه وعدم القـــدرة على التركيز .

وكنتيجة لهذه الأعراض الفسيولوجية وما يرتبط بها من أعراض نفسية يمكن أن يتأثر أداء اللاعب فى المنافسة بصورة سلبية ، الا أن هناك بعض الباحثين الذين يرون أن بعض هذه التغيرات يمكن أن تؤثر بصورة ايجابية على اللاعب فى حالة تعود الفرد على مواجهة العديد من المواقف التنافسية خلال فترات اعداده لهـــذه المنافسات .

(ب) حالة عـــدم المبـــالاة بالبداية :

تعتبر حالة عدم المبالاة بالبداية عكس حالة حمى البداية ، اذ تعزى الى زيادة عمليـــات « الكف » فى المخ وهبوط ملحوظ فى عمليـــات الاثارة العصبية . ومن أهم الأعراض الفسيولوجية التى ترتبط بحالة عدم المبالاة بالبداية ما يلى : انخفاض فى سرعة التنفس وفى سرعة نبضات (دقات) القلب ، الارتخاء فى معظم عضـــلات الجسم وخاصة العضـــلات الكبيرة والخمول الحركى . وهذه الأعراض الفسيولوجية ترتبط ببعض الأعراض النفسية مثـــل : انخفاض فى مستويات الادراك والانتباه والتفكير والتذكر وعدم المبالاة وحالة انفعالية سلبية . وكنتيجة لهذه الأعراض الفسيولوجية وما يرتبط بها من أعراض نفسية يتأثر أداء اللاعب فى المنافسة بصـــورة سلبية واضحة .

(جـ) حالة الاســـتعداد للكفاح :

تعتبر حالة الاســـتعداد للكفاح على نقيض الحالتين الســـابقتين ، اذ تتميز بالتوازن التام بين العمليات العصبية ، أى بين حالتى « الاثارة العصبية » و « الكف العصبى » وتكون معظم العمليات الفسيولوجية المرتبطة بالجهاز العصبى مقاربة لحالتها الطبيعية بصورة تؤهلها للاستعداد للعمل الارادى الواعى . ويرى العديد من الباحثين ان اللاعب يستطيع أن يظهر فى أحسن مستوياته فى غضون هذه الحالة .

ويجب علينا مراعاة ان الفترة الزمنية لظهور الاعراض الفسيولوجية لهــذه الحالات قد تختلف طبقا للعـــديد من العوامل ، اذ قد تمتــد احيانا الى بضعة ايام او قد تقتصر على الساعات او الدقائق القليلة التى تسبق الاشتراك الفعلى فى المنافسات الرياضية .

٢/٥/٥ — الجهـــاز العصبى والتحكم فى الأداء الحركى

٢/٥/٥/١ — دور الجهاز العصبى أثناء الأداء الحركى :

يقوم الجهاز العصبى بتوجيه عمل الجهاز الحركى (الجهاز العظمى والمفصلى والعضلى) من خــلال الاتصـــال المباشر بينهما والذى تقوم به الأعصاب الحسية حيث تقوم الاشارات العصبية الحسية بنقل الأحاسيس المختلفة من البيئة الخارجية والداخلية الى الجهـــاز العصبى وبنـــاء على هذه المعلومات التى يستقبلها الجهاز العصبى يقوم بدوره فى توجيه الحركة والتحكم فى أدائها من خـــلال الاشـــارات العصبية الحركية التى يرسلها الى عضـــلات الجسم .

وهذه المعلومات التى يستقبلها الجهاز الحركى تصدرها اليه المستقبلات الحسية الموجودة بالجهـــاز الحركى (فى العضـــلات والأوتار والمفاصل) بالاضافة الى اعضاء الاحساس الأخرى كالعين والأذن والمستقبلات الحسية بالجلد والنهايات العصبية الحسية بأعضاء الجسم الداخلية .

وتقوم المراكز العصبية المنتشرة بالجهـــاز العصبى بعمليات مركبة لتوجيه حركات الجسم المختلفـــة .

ويقوم المدرس أو المدرب بمحاولة تعبئة ادراك اللاعب لاتقـــان اداء المهـــارة الحركية وبدون الاشتراك النشط لادراك المتعــلم لا يتم التعــلم الحركى . وعادة تنقسم الحركات التى يؤديهـــا الشخص الى : الحركات التلقائيـــة الفطرية والتى تأتى كردود أفعـــال حركيـــة والنوع الآخـــر هو الحركات التلقائية المكتسبة والتى يتعلمهـــا الفرد ويتقنها حتى تصـــل الى مرحلة التلقائية .

٢/٥/٥/٢ — الحـركات التلقائيـة الفطرية (ردود الانفعـال الشرطيـة الحركيـة) :

وتأتى هذه الحركات كنتيجة لرد فعل انعكاسى لمثيرات خارجية مختلفة وعادة ما يقابل الشخص مثل هـذه الحركات اثناء اداء النشـاط الرياضى ويساعد التعرف على ردود الأفعـال الشرطية فى الاستفادة منهـا لتكوين العـادات الحركية الرياضية ولذا فان التركيز اساسا هنا يتم على ردود الفعل الدفاعية والاسترشـادية ورد فعـل المطاطية والنغمة العضـلية ورد الفعل الايقاعى الحركى والخطوات والتوافق التلقائى لحركات الذراعين والرجلين .

(أ) حركات الجسم الدفاعيـة ضـد الأخطار :

تظهر هـذه الحركات كرد فعـل للدفاع عن الجسم فى حالة تعرضه للاخطار وكثيرا ما تقابل مثل هـذه الأفعال الانعكاسية عن طريق تحريك الأطراف او الراس او الجذع للخلف للابتعاد عن الخطر او فى حالة رجفة الجفن للدفاع عن العين أو اسـتخدام الأيدى للدفاع عن الوجه والراس أو الاستناد على اليد او الكف عند السقوط على الأرض ، وتظهر هـذه الحركات بصورة واضحة اثناء النشاط الرياضى كما فى حالة حركات الدفاع المختلفة فى الملاكمة او السـلاح أو المصارعة ، كما تظهر فى العاب الكرة عند محاولة حماية الجسم عنـد اداء السقطات المختلفة (استقبال الكرة الطائرة — حارس المرمى فى كرة القدم) .

وقد تكون مثل هـذه الحركات الدفاعية عائقا لعملية التعلم يواجه المدرب كما فى السباحة حيث يقوم الجسم برد الفعل الدفاعى ضد درجة حرارة الماء والضوضاء ولذا فان معلم السباحة يجب ان يعمل على التقليل من هذه الأفعال الدفاعية بادخال عنصر الأمان والطمأنينة فى نفوس المبتدئين عن طريق استخدام اللعب والأدوات كمدخلا لتعلم السباحة .

(ب) الالتفاتات الزائدة اثناء الأداء الحركى :

وتظهر هـذه الحركات كأفعال انعكاسية لمثيرات بصرية فى حركات السنين ولمثيرات سمعية فى حركات الراس وتحدث هذه كاستجابات تلقائيا

تبعا لاشارات المدرب او الحكم او الزملاء فى الملعب ، ويلاحظ زيادة مثل هذه الاستجابات لدى اللاعب غير المدرب بينما يمكن للاعب المدرب تلقى اشارات المدرب او الحكم او الزملاء دون أن تشتت انتباهه وتركيزه اثناء اللعب ويجب العمل على تقليل هذه الحركات الزائدة واستقبال مثل هـــذه الاشارات بأقل قدر ممكن من الالتفـــات حتى لا يتأثر مستوى اداء اللاعب اثنـــاء المبـــاراة .

(جـ) حركات مط العضـــلات :

ويعتبر رد فعل العضلة للمطاطية من ابسط انواع الانعكاسات حيث تستجيب العضلة بالانقباض نتيجة عملية مطها ويمكن الاستفادة من هـــذا النوع من رد الفعل باستخدام تمرينات المطاطية مع البطء فى الاداء والثبات فى مرحلة المط قبـــل اداء الانقباضات العضلية القوية نظرا للتأثير الايجابى لمثل هذه التمرينات على قوة الانقباض العضلى .

(د) النغمة العضلية والارتخاء العضلى :

يفهم تحت مصطلح النغمة العضلية توتر العضلة اللا ارادى المستمر والناتج عن بعض الاشارات العصبية وبفضـــل النغمة العضلية يستطيع الانسان الاحتفاظ بكثير من اوضاع الجسم بدون اشتراك الادراك (مثـــل الاحتفاظ بانتصاب الرأس والجذع) وعند اداء الحركات الرياضية الجديدة وغير المعتادة يحدث ان يزيد توتر العضلات اللا ارادى مما يعوق التوافق الحركى المطلوب حيث يتطلب انقباض بعض العضـــلات ارتخاء العضلات المقابلة لهـــا . وهنـــا فان المدرب يجب أن ينبه لاعبيه لملاحظـــة ارتخاء تلك العضلات التى تعوق اداء الحركة ، وقد امكن تعليم القدرة على الارتخاء العضلى للاعبين وتدريبهم عليهـــا ، وتقل القدرة على الارتخـــاء العضلى عنـــد التعب .

(هـ) الايقـــاع الحـــركى :

يمكن ملاحظة هذا الفعل الانعكاسى فى الانسان عند الطرق على وتر العضلة ذات الاربع رؤوس الفخذية فيســـــتدعى هذا فى بعض الأحيان

عدة انقباضات عضلية متتالية ويظهر هذا النوع لدى غير الرياضيين بصورة اكبر منه لدى الرياضيين .

(و) حركات الأطراف المتبـــادلة :

ترتبط حركة كل رجل بالرجل الاخرى كرد فعل لها ، فاذا ما تحركت احدى الرجلين من وضـــع الرقود بما يشبه المشى فاننا نلاحظ أن الرجل الأخرى تقوم بنفس الحركة فى الاتجاه المقابل .

٣/٥/٥/٢ ــ الحـــركات المكتسبة :

يستقبل الجهاز العصبى المعلومات المختلفة عن علاقات اجزاء الجسم ببعضها وكذا علاقتها مع ما يحيط بها فى البيئة الخارجية وعن اتجاه الحركة وسرعتها وتستخدم هذه المعلومات فى توجيـــه حركات الجسم المختلفة ، وتقوم المستقبلات الحسية المختلفة الموجودة بالعضلات والأوتار والمفاصل بارسال اشارات عصبية حسية تحمل معلومات عن مدى تقصير العضلة أو تطويلها وعن مدى توترها أو ارتخائها وعن سرعة الانقبـــاض العضلى وقوته وعن أوضاع أجزاء الجسم المختلفة وأوضاع الجسم ككل وعن تغيرات هذه الأوضاع وعن دقة الحركة فى الفراغ المحيط وزمن ادائها ، وتساعد فى الحصول على هذه المعلومات ايضا اعضـــاء الاحساس الأخرى كالأذن والعين والمستقبلات الحسية بالجلد وجهاز التوازن بالأذن (الدهليزى) ، ويمكن استخدام الوسائل المعينة السمعية منهـــا والبصرية لزيادة توصيل المعلومات كما يمكن توصيل هذه المعلومات فى شكل موضوعى معبرا عنـــه بالمسافة والكيلوجرام والزمن ، وهذا بدوره يساعد على دقة تقدير اللاعب للأداء الحركى بالاضافة الى التقدير الذاتى الذى يشـــعر به أثناء الأداء الحركى من خلال المستقبلات الحسية وبذلك يستطيع أن يتحكم الجهـــاز العصبى بصورة اكثر دقة فى اداء الحركات المكتسبة واتقانها خلال عمليات التعلم الحركى والتدريب الرياضى . .ويمكن تقسيم التحكم الحركى الى ثلاثة أنواع هى : التحكم فى انتاج القوة العضلية اللازمة لأداء الحركة وبالطبع فان هذه الحركة تتم بالنسبة لجزء أو بعض اجزاء الجسم او للجسم ككل فى الفراغ المحيط بالجســـــم ويرتبط هـــذا الاداء الحركى بعلاقات زمنية

وبناء على ذلك فان التحكم فى قوة الانقباض العضلى وتحريك اجزاء الجسم او الجسم ككل فى الفراغ وزمن اداء الحركة هى الأنواع الرئيسية الثلاثة للتحكم الحركى التى يقوم بها الجهاز العصبى متعاونا مع الجهاز الحركى لأداء الحركات المختلفة ، وفيما يلى توضيح كل نوع من هذه الأنواع الثلاثة .

١/٣/٥/٥/٢ — التحكم فى القوة العضلية :

تقاس القـــوة العضلية عادة باستخدام الانقبـــاض العضلى الثابت (الايزومترى) أى عنـــدما تنقبض العضلة دون تغيير طولهـــا ويعتبر ناتج هـــذا القياس هو القوة العضلية العظمى ويقاس مقدار التحكم فى انتـــاج القوة فى امكانية اداء انقباضات عضلية بمقادير معينـــة تحـــدد باستخدام النسبة المئوية للقوة العظمى ويدل تحقيق هذه الانقباضات العضلية بنفس المقـــادير على دقة التحـــكم فى قوة الانقباض العضلى ويعبر عن الزيادة أو النقص بعدد الكيلوجرامات التى تزيد أو تقل عن المقدار المطلوب تحقيقه ويمكن استخدام نسب مئوية لقوة الانقباض العضلى تتراوح ما بين ٢٥٪ الى ٥٠٪ . وقد ثبت تفوق لاعبى رفع الأثقال فى التحكم فى اداء الانقباضات العضلية بالقـــدر المطلوب ويدل عدم دقة التحكم فى دقة اداء الانقباضات العضلية على رداءة عملية توصـــيل المعلومات عن الانقبـــاض العضـــلى من المستقبلات الحسية الى الجهاز العصبى حيث ان الانقبـــاض العضلى الثابت يؤدى الى تنبيه أعضـــاء الاحســـاس بأوتار العضلة والتى توجد بين العضلات وأوتارها وهى المسئولة عن الاحساس بمقدار التوتر العضلى وعادة ما تكون اشاراتها العصبية ضعيفة الادراك ، الا انه نادرا ما يحتاج اللاعب لهذا النوع من التحكم فى القوة العضلية الثابتة فى اثناء اداء الانشطة الرياضية وغالبا ما يكون الاحساس الأكثر أثناء اداء الانقباضات العضلية المتحركة وهنـــا تتحرك أجزاء الجسم لتتخذ أوضاعا معينة أو زوايا معينة بالنسبة لبعضها البعض وعلى هـــذا فان مستقبلات حسية أخرى تشترك فى نقل الاحساسات الى الجهاز العصبى وهى المستقبلات الحسية بالمفاصل والعضلات وبالاضافة الى ذلك فان تركيز الجهاز العصبى للتحكم فى انتاج قوة الانقباض العضلى تتوزع لانتاج التحرك فى الاتجاه والزاوية المطلوبة وبالمقدار المناسب وتقوم المستقبلات الحسية بالمفاصل بدورا هاما فى التحكم

فى حركات اجزاء الجسم فى الفراغ المحيط بينما تقوم المستقبلات الحسية بالاوتار بالتحكم فى مدى التوتر العضلى .

٢/٥/٥/٣/٢ — التحكم فى الحركة بالنسبة للفراغ :

يقوم الجهاز العصبى بتوجيه حركات الجسم فى الفراغ المحيط عن طريق حصوله على المعلومات التى تشترك فى استقبالها وتوصيلها الى الجهاز العصبى فى هذه الحالة جميع المستقبلات الحسية للجهاز الحركى بما فيها المستقبلات الحسية بالعضلات والمفاصل والمستقبلات الحسية بالضغط الموجودة بالجلد ومستقبلات اللمس والجهاز الدهليزى The Vestibular Apparatus بالاذن هذا بالاضافة الى حاستى السمع والبصر . وكل هذه المعلومات الواردة الى الجهاز العصبى من المستقبلات الحسية واعضاء الاحساس المختلفة تساعد على توفير مستوى عال من الدقة لعمليات التحكم فى حركة الجسم وتوجيهها مع ملاحظة ان اداء اى حركة يتم فى حيز من الفراغ وفى زمن معين لذا فعند دراسة اى حركة والتحكم فيها يراعى كل من الفراغ والزمن ، ويمكن تناول ذلك بالنسبة لحركات اجزاء الجسم وبالنسبة لحركة الجسم ككل فى الفراغ .

٢/٥/٥/٣/٣ — التحكم فى تحريك اجزاء الجسم فى الفراغ :

لا يتم التحكم فى تحريك أجزاء الجسم بالنسبة لبعضها بنفس الطريقة التى تحدث بالنسبة لمقدار انتاج التوتر العضلى عن طريق التغلب على الأخطاء كما ذكر سابقا ولكن فى هذه الحالة فان الأداء يتم بدون اخطاء ويدل على ذلك الاختبار المعروف لدى أخصائى الجهاز العصبى (اختبار الاصبع والأنف) حيث يستطيع الشخص السليم ان يلمس بنهاية طرف اصبعه قمة الأنف وهو مغمض العينين بدون ان يخطىء فى ذلك ، ويظهر هذا المستوى العالى من الدقة عند تحريك اليد فى اى اتجاه لأسفل ولأعلى وللجانب وعند اداء حركات تشترك فيها مجموعة كبيرة من المفاصل فان تجميع الأخطاء القليلة لكل مفصل على حدة يؤدى فى النهاية الى ظهور مثل هذه الأخطاء فى شكل عدة سنتيمترات . ويفسر القدرة على اداء مثل هذه الحركات بدون استخدام حاسة البصر اعتماد الانسان على المعلومات

التى تقوم بنقلها المستقبلات الحسية بالمفاصل حيث تنقل للجهاز العصبى معلومات تشمل مقدار زوايا المفصل الواحد او مجموعة المفاصل والمدى الذى تتحرك فيه أجزاء الجسم وسرعة الحركة ومدى تغيرها ويساعد ايضا على دقة التحكم فى حركة أجزاء الجسم سهولة وصول الاشارات العصبية الحسية الى مستوى الادراك .

وقد دلت التجارب العلمية على أن الانســان يستطيع التحكم بدقة فى تحريك اجزاء الجسم مع وجود مقاومة خارجيــة مثل اثقال او غــيره بشرط أن لا يزيد مقدار هذه المقاومة عن ٧٠٪ من القوة العظمى للعضلات التى تقوم بالعمل ، وقد اجريت فى هذا المجال تجربة استخدام كرة القدم (٤٠٠ جرام) فى تعليم كرة السلة للأطفال بينما استخدمت كرة الســلة لتعليم مجموعة اخرى ولم يظهر فرق فى الاداء بين المجموعتين بعد التعليم بل لقد تفوقت المجموعة التى تعلمت باستخدام كرة القدم فى دقة التصويب عند اختبارها بكرة السلة (٦٠٠ جرام) والتى لم تتدرب على استخدامها من قبل، وهذا يؤكد عدم ارتباط دقة تحريك أجزاء الجسم بمدى قوةالانقباض العضلى الذى يبذله اللاعب أمام المقاومة الخارجية (الكرة) .

وفى هذا المجال أجريت تجربة أخرى لرمى كرة تنس لمسافة تقــدر بنصف اقصى مســافة لمجموعة من التلاميذ فى عمر ١٢ ســنة وعند تكرار اداء ذلك بكرة تنس اثقل وزنا (بها ماء) لم تختلف المسافة التى حققهــا التلاميذ بالرغم من اختلاف وزن الكرة فى الحالتين مع ملاحظة قفل العينين .

ويدل هذا على ان الذاكرة لم تستطع استيعاب مؤشرات انتاج القوة العضلية بقدر استيعابها لمؤشرات الفراغ والزمن . وقد امكن لاحد الباحثين استنباط طريقــة لتعليم دفع الجلة لمجموعة من الناشئين بهــدف تحقيق مسافة ٥ر١٠ متر ، وقد بنى الباحث تجربته على قاعدة تنمية الاحساس بالفراغ والزمن بالنســبة للحركة بدلا من الاعتماد على القــوة العضلية فى تحقيق هذه المسافة وبناء على ذلك فانه لم يستخدم الجلة ذات الوزن القانونى التى تستخدم عادة فىطرق التعلم الشاسعة، ولكنه استخدم انواع أخرى من الجلل ذات أوزان أخف تتراوح من ٢ — ٤ كيلوجرام مع الاحتفاظ

بنفس حجم الجلة العادى ، وفى البداية تم التركيز على تحقيق المسافة المطلوبة (٥ر١٠متر) واتقان الاداء الفنى للمهارة ثم يزداد وزن الجلة تدريجيا تبعا لزيادة اتقان المهارة وقد حصل الباحث على نتائج ايجابية فى تحقيق الهدف من التعلم باستخدام هذه الطريقة .

وبالرغم من الدور الهـــام الذى تقوم به حاسة البصر عند التحــكم فى حركة اجزاء الجسم فى الفراغ الا أن هناك كثير من الحركات التى تؤدى خارج مجال الرؤية ، وقد اتضح امكانية أداء بعض هذه الحركات بصورة اكثر دقة فى حالة قفل العينين عن فتحهما، وتدل نتائج الدراسات علىالتاثير الايجابى لاستخدام تدريبات يتم فيها عزل حاسة البصر بهدف تحسين القدرة على دقة التحكم فى حركة أجزاء الجسم .

٤/٣/٥/٥/٢ — التحكم فى تحريك الجسم ككل فى الفراغ :

يعتبر عامل التوازن من أهم العوامل التى تنال اهتمام المدرب أثناء حركة الجســـم فى الفراغ ويعتبر الجهـــاز الدهليزى بالأذن هو المسئول عن هذه الصفة الا أن التحكم فى الحركة يعتمد أيضا على الطرف السفلى وخاصة القدمين ، وتظهر اهمية ذلك فى الجمباز والأكروبات وبعض الأنشطة الرياضية الأخرى ، وقد دلت الدراسات على تفوق لاعبى الجمباز فى دقة التحكم فى حركة الجسم من الأوضاع الأخرى خلافا لوضع الوقوف العادى مثل وضع الراس لأسفل والرجلين لأعلى والوضـــع الأفقى ، وقد أمكن من خلال بعض التجارب تنمية هذه المقدرة عن طريق التدريب .

وعندما يؤدى المشى مع تفتيح العينين يقوم البصر فى هـــذه الحالة بالدور الاكبر فى توجيه الجسم بدقة الا أن فى حالة المشى فى الظلام أو المشى مع قفل العينين يحدث خلل فى دقة توجيه الجسم حيث يخرج اتجاه المشى عن الخط المستقيم ويبدأ يتخذ اتجاها منحنيا ويفسر هذا بأن توجيه الجسم يتحكم فيه الجهاز الدهليزى بالأذن عند قفل العينين وقد لوحظ نتيجة تجارب المشى مع قفل العينين أن أهم عامل فى توجيـــه الجسم هو حركة الطرف السفلى وخصوصا القدمين . وقد دلت التجارب على أن استخدام تدريبات

معينة للتأثير على الجهـــاز الدهليزى أثنـــاء اداء تدريبات الجمباز يساعد على دقة اداء حركات الجمباز .

وقد أجريت دراسات أخرى عن اهمية حاسة البصر للتحكم الحركى فى تقـــدير المسافة ما بين الملاكم وخصمه او مسافة تمرير الكرة الطائرة أو مكان وضع القدمين ومسافة مرد الذراع عند اداء حركة الطعن فى السلاح أو دقة تمرير الكرة فى كرة اليد والسلة ، وقد دلت نتائج هذه الدراسات على تفوق اللاعبين الممتازين فى تقدير هـــذه المسافات بالمقارنة بغـــيرهم من المبتدئين الا أن استخدام تدريبات خاصة لتقدير المسافة مع عزل حاسة البصر أدى الى زيادة تنمية دقة تقدير المســـافات لدى اللاعبين المبتدئين سواء بالنسبة لاستخدام اهداف ثابتة أو متحركة . ويجب تدريب اللاعبين على اداء واجبات معينة اثناء فترة الطـــيران فى الهواء حيث يساعد ذلك على دقة توجيه الجسم خاصة اذا ما تم تقدير ذلك بطريقة موضوعية .

٥/٣/٥/٥/٢ — التحكم فى زمن الحركة :

بالرغم من تعدد أنواع المستقبلات الحسية التى تقوم بنقل المعلومات الخاصة بقوة الانقباض العضلى أو حركة الجسم فى الفراغ فانه لا توجد مستقبلات حسية خاصة بالمؤشرات الزمنية للحركة ولا توجد قنوات معينة لنقل الاحساس بالزمن ولذا فان التوقيتات الزمنية للأداء الحركى يتم اتقانها مصاحبة للأحاسيس الأخرى المختلفة عن البيئة الداخلية والخارجيـــة ، وبصفة عامة فان جميع الوظائف الذاتية للجسم تخضع لما يسمى (الساعة البيولوجية) حيث تنشط هـــذه الوظائف فى فترات زمنيـــة معينة وتثبط فى أوقات أخرى خلال ساعات اليوم الواحد (٢٤ ساعة) ولعل أبرز مثال لذلك هو النوم والاستيقاظ حيث تثبط وظائف الجسم عنـــد النوم وتنشط أثناء اليقظة، ويتعود الانسان على مثل هذا الايقاع ولذا فان مواعيد التدريب الرياضى يجب أن تتم بشكل ايقاعى معين يسمح لهـــا بأن تجعـــل اللاعب فى حالة يقظة خلال الفترة التى ستقام فيها المنافسة .

وبالنسبة لزمن الحركة فاننا يمكن ان نتناوله من حيث زمن رد الفعل الحركى وزمن اداء الحركة الواحدة وزمن الايقاع الحركى وزمن الانتقال الحـــركى .

٦/٣/٥/٥/٢ — التحكم فى زمن رد الفعل الحركى :

يتكون رد الفعـــل الحركى من جزئين هما زمن فترة الكمون وزمن الاستجابة الحركية . ويحسب زمن الكمون من لحظـــة وصول الاشارة العصبية الى العضلة وحتى استجابتها الحركية بالانقبـــاض العضـــلى ، وقد أمكن أخيرا قياس هـــذه الفترة باستخدام رسم العضـــلات الكهربائى وقد نال زمن الكمون اهتمام الباحثين الا أنه قد دلت نتائج دراستهم على عدم اختلاف هذا الزمن بين لاعبى أنشطة السرعة ولاعبى الانشطة الرياضية الأخرى ، ولذا فان هذا الزمن لم يعد عاملا مميزا لعنصر السرعة الحركية.

وعلى العكس من ذلك تزداد اهمية زمن الاستجابة الحركية لأنه يرتبط بالمقدرة الحركية للانسان وقد أجرى ماميروف دراسة عن زمن رد الفعل على عينة من الملاكمين والسائقين وقد دلت نتائج الدراسة على عدم وجود فروق بين مجموعات عينة البحث فى زمن الكمون ، بينما اختلف الوضـــع بالنسبة لزمن الاستجابة حيث تفوق الملاكمون السائقون أحرزوا أفضـــل النتائج فى سرعة رد الفعل لاستجابات الاشارات الضوئية للمرور ويلى ذلك الملاكمون غير السائقون ثم السائقون غير الملاكمون ، ثم كانت أقل النتائج لدى مجموعة الأشخاص العاديين . ويمكن ملاحظة حقيقة هامة فى نتائج هـــذه الدراســـة حيث تفوق الملاكمون غير الســـائقون على السائقين غير الملاكمين بالرغم من أن طبيعة رد الفعل الحركى تدخل فى نطاق تخصص الســـائقين .

وتختلف طبيعة المثيرات وتتنوع فى المجال الرياضى الا أن من عيوب الدراسات التى أجريت فى هـــذا المجال عـــدم استخدامها لتلك المثيرات التى يقابلها اللاعب فى ظروف اللعب . وقد أجريت مجموعة من الدراسات القليلة التى استخدمت مثيرات تشبه المثيرات الطبيعية فى الملعب ، وبصفة عامة فقد أكدت هذه الدراسات أهمية التدريب على ادراك زمن رد الفعل وقد أمكن تقليل زمن رد الفعل فى الألعاب من ٢٥ — ٣٠٪ .

ويقوم المبدأ الأساسى لتنمية سرعة رد الفعل على تكرار الاستجابة الحركية للمثير مع العمل على تقصير زمن الاستجابة الحركية ، ويراعى أن يتم

التدريب على ذلك دون انفصاله عن طبيعة الحركة الأساسية (حركة دفاعية او بداية فى سباق او غيرها) ويمكن استخدام وسائل تسريع مختلفة لتنمية رد الفعل بسيطة ومركبة وتستخدم وسائل متشابهة فى بداية تنمية رد الفعل بالنسبة للأنشطة المختلفة خلال المرحلة الأولى، واذا لم يكن هناك اهمية كبيرة لتقصير زمن رد الفعل فى هذا النوع من النشاط الرياضى فيكتفى بهذا المستوى الذى أمكن الوصول اليه حيث ان تنمية رد الفعل يكون أسهل فى البداية الا انه يصعب التقدم به بعد ذلك ، وعلى سبيل المثال فان تقصير زمن فترة الكمون يتطلب سنوات من التدريب حتى تقل هذه الفترة من ١٠ر٠ — ١٥ر٠ ثانية .

وهناك عوامل كثيرة لها تاثيرها على زمن رد الفعل مثل نوع المثير ونوع الاستجابة وغيرها كما يتاثر ايضا بالحالة النفسية خلال مرحلة المنافسة وتستخدم فى تنمية رد الفعل طرق مختلفة منها الطريقة الحسية التى اسسها جيليرشتين على اساس تنمية احساس اللاعب بالفترات الزمنية القصيرة جدا كأجزاء الثانية ويتم ذلك على ثلاثة مراحل تبدأ باختبار اللاعب عن زمن الاداء فى كل مرة وفى المرحلة الثانية يطلب من اللاعب تقييم زمن الأداء مع اخباره بالزمن الحقيقى ثم بعد ذلك يطلب من اللاعب اداء رد الفعل بتكرار ازمنة معينة يحددها المدرب . وقد ساعدت الطرق الالكترونية الحديثة فى تنمية سرعة رد الفعل باعطاء اللاعب معلومات عن سرعة الأداء اثناء الاداء ذاته وقد تساعد مثل هذه الاشارات على استثارة أداء اللاعب بسرعة أكبر مثل استخدام جهاز البداية الذى يتصل فيه مكعب البداية بمكبر صوت الكترونى يعطى درجة صوت تتفق مع سرعة رد الفعل الذى تم وبهذا يمكن اعطاء اللاعب صورة صوتية عن سرعة رد الفعل اثناء الاداء . وقد ينطبق ذلك على تنمية سرعة رد الفعل البسيط الا انه فى بعض الأنشطة الرياضية الأخرى وخاصة العاب الكرة عادة ما يحتاج اللاعب الى اداء أنواع مركبة من رد الفعل ومثال على ذلك حينما يتطلب من اللاعب سرعة رد الفعل خلال اللعب بما يتطلب اختيار القرار المناسب لأداء الحركة المطلوبة وبسرعة، وقد يرتبط ذلك بهدف متحرك مثل الكرة ويمكن الاستعانة فى تنمية رد الفعل المركب بالوسائل المعينة .

٢/٥/٥/٣/٧ — التحكم فى زمن الحركة الواحدة :

علاوة على أهمية زمن رد الفعل الحركى فان زمن أداء الحركة الواحدة له اهميته أيضا بالنسبة لبعض الأنشطة الرياضية التى تعتمد على سرعة اداء الحركة مثل اللكمة والطعن فى السلاح ومختلف حركات الرمى فى العاب القوى وقد أمكن تدريب اللاعبين على الاحساس بزمن الحركة الواحدة عن طريق زيادة احساسهم بالزمن وقد أجريت تجارب ميدانية دلت نتائجها على أن هذا الاحساس بالزمن يساعد اللاعب على أداء الحركات التى تتطلب ذلك بدرجة تفوق الاحساس بالفراغ ، وقد دلت التجارب على امكانية اداء بعض حركات الغطس والجمباز فى الوقت الذى تم فيه عزل حاسة البصر عن الأداء بطريقة أفضل من اشتراك البصر فى الاداء ، ومن المهم مراعاة هذا العامل الهام فى غضون عمليات التدريب فيمكن التركيز على احساس اللاعب بالزمن عند تعليم الحركات الجديدة ، ويمكن فى سبيل ذلك استخدام اشارتين صوتيتين بينهما فترة زمنية يطلب من اللاعب تقديرها ويمكن استخدام اشارات صوتية أثناء الحركة تعبيرا عن أزمنة معينة .

٢/٥/٥/٣/٨ — التحكم فى الايقاع الحركى « زمن الانتقال » :

يعتبر التحكم فى الايقاع الحركى من أهم خصائص الأنشطة الرياضية ذات الحركة الوحيدة المتكررة مثل المشى والجرى والسباحة والتجديف والدراجات ، وتتأثر سرعة الانتقال الحركى فى مثل هذه الأنشطة بمدى ثبات أو تغيرات الايقاع الحركى ، ويمكن الاستفادة بالتأثير الايجابى لذلك باعطاء اللاعب المعلومات الموضوعية عن الايقاع الحركى وزمن الأداء مثل زمن اداء مسافة الجرى مع عدد الخطوات أو زمن قطع مسافة السباحة وعدد الشدات ، وينعكس الاهتمام بالايقاع الحركى فى تنمية سرعة الانتقال حيث يقطع اللاعب المسافة فى أقل زمن ممكن ويتوقف ذلك على سرعة تردد الخطوات سواء فى الجرى أو السباحة أو التجديف وغيرها ، وقد دلت نتائج الدراسات على ارتباط سرعة الانتقال الحركى فى الجرى بالايقاع الحركى بنسبة ٩٢٪ ولم يلاحظ زيادة السرعة على حساب طول الخطوة بل قد يلاحظ فى بعض الأحيان قصر الخطوة عند زيادة السرعة وقد لوحظ أن الحد الأدنى لزيادة طول الخطوة لدى اللاعبين يختلف تبعا لاختلاف المستوى حيث يبلغ

٦ سم للمستويات العليا وللمتوسطين ٨ سم وللناشئين ١٠ سم وبالنسبة لمسافة تقصير الخطوة فيلاحظ نفس الظاهرة حيث تصل ٧ سم الممتازين و ٩ سم للمتوسطين و ١١ سم للمبتدئين، وعموما فان زيادة السرعة يمكن أن تتم اعتمادا على زيادة الايقاع الحركى وزيادة طول الخطوة الا أن زيادة السرعة تكون أسهل بالنسبة لتغيير الايقاع الحركى عنها بالنسبة لتغيير طول الخطوة ، ونفس هذه الظاهرة تلاحظ فى السباحة حيث تزيد سرعة السباحة اعتمادا على زيادة عدد الضربات أكثر من زياده طول مسافة الشدة .

ويمكن تنمية سرعة الانتقال الحركى عن طريق زيادة تنمية الايقاع الحركى أكثر من الاعتماد على زيادة طول الخطوة حيث تعتمد زيادة طول الخطوة على قوة دفع الارض بالرجلين ، ويحدد ذلك قوة التوتر العضلى للرجلين ، وينطبق ذلك ايضا على السباحة حيث يعتمد طول مسافة الشدة على قوة شدة الذراع تحت الماء . وترجع صعوبة الاعتماد على طول الخطوة فى زيادة السرعة الى صعوبة التحكم فى القوة العضلية أثناء الحركة ولذا فان من الطبيعى عند زيادة السرعة اختيار أسهل الأساليب وهو زيادة سرعة الانتقال الحركى على حساب سرعة التردد الحركى أو الايقاع الحركى ويتحسن ذلك عن طريق استقبال المعلومات الفورية عن زمن الأداء وسؤال اللاعب لتقدير زمن أدائه لقطع المسافة .

وقد دلت بعض الدراسات التحليلية على اختلاف اعتماد اللاعب على طول الخطوة والايقاع الحركى خلال أداء المسافة حيث ترتبط أحيانا طول الخطوة ببعض العوامل الانثروبومترية مثل طول الرجل فى الجرى او الذراع وطريقة الأداء فى السباحة، ولذلك فاننا نلاحظ زيادة طول الخطوة او الشدة خلال مراحل النمو . وفى الجرى يحتاج الشخص عادة الى حوالى ٥ — ٦ ثوان لكى يصل الى سرعته القصوى ١٠٠٪ وخلال هذه الفترة فان سرعته تزداد زيادة تدريجية حيث يصل الى ٥٥٪ فى أول ثانية من بداية العدو ويصل الى ٧٦٪ فى ثانى ثانية ويبلغ ٩١٪ فى الثانية الثالثة حتى يصل الى ٩٥٪ فى الثانية الرابعة و ٩٩٪ فى الثانية الخامسة حتى يصل الى سرعته القصوى ١٠٠٪ فى الثانية السادسة .

ويختلف الاقتراب فى الوثب العـــالى من حيث سرعة الانتقال حيث لا تشـــبه كل خطوة الاخرى ويساعد امداد اللاعب بالمعــلومات الفورية عن نتيجة الأداء الحركى بالقياس الموضوعى كوسيلة اضافية لتقديره الذاتى مما ينعكس على تحسين مستوى الأداء .

٩/٣/٥/٥/٢ — التحكم فى حركات التنفس :

لا يختلف نظام التحكم فى حركات التنفس عن غـــيره من نظم التحكم فى حركات الجسم الأخرى حيث يتطلب تنظيم عملية التنفس اشتراك الادراك فى ذلك عن طريق التحكم الارادى فى حركات التنفس حتى تتمشى فى توافق مع الأداء الحركى كما فى السباحة مثلا . وقد اجريت دراسات كثيرة حول تأثير الأداء الحركى على التنفس وتغيرات وظائف التنفس تحت تأثير النشاط الرياضى (سرعة التنفس — عمقه — التهوية الرئوية — تبادل الغازات وغيرها) ولكن ما زالت الدراسات قليلة فى مجال التعرف على تأثير حركات التنفس على الأداء الحركى وقد امكن استخلاص بعض المبادىء الصحية الأساسية للتنفس يمكن تلخيصها كما يلى :

١ — يؤدى الشهيق مع الحركات التى تزيد من حجم التفص الصـــدرى ويخرج الزفير مع الحركات التى تقلل من حجم القفص الصدرى .

٢ — تجرى حركات التنفس فى ايقاع منتظم مع عدم كتم التنفس .

٣ — يكون التنفس عميقا .

٤ — يتم التنفس من خـــلال الأنف .

وهذه المبادىء او القواعد السابقة تتفق اكثر مع التمرينات العلاجية ولكنها لا تتناسب بدرجة كبيرة مع النشاط الرياضى .

توافق مراحل التنفس مع الأداء الحركى :

دلت التجارب على أن هناك تأثيرات مختلفة لمراحل التنفس على الأداء الحركى وقد اتضح اختـــلاف مقدار القوة العضلية تبعا لاختـــلاف مراحل التنفس حيث أجرى اختبـــار لقوه عضلات الرجلين وكذلك قوة القبضة

باستخدام الديناموميتر وثبت ان اكبر قوة ظهرت خلال مرحلة كتم التنفس وكانت بدرجة أقل فى مرحلة الزفير واقلها فى مرحلة الشهيق .

ويلاحظ ان الشهيق فى التجديف يتم اثناء اداء الجدفة بينما يتم الزفير فى حركة الانحناء اماما، وعند ثنى الركبتين، وقد يختلف ذلك مع قواعد التنفس الا انه يتمشى مع طريقة الاداء فى التجديف ويتم الزفير بالنسبة السباح اثناء اداء الشدة فى سباحة الصدر والفراشة مثلا ويتم بالنسبة للاعبى رفع الأثقال بعد رفع الثقل ويؤدى الملاكمين الزفير اثناء اداء اللكمة مما يزيد من قوة وسرعة اللكمة . .

ونظرا لاختلاف مراحل التنفس تبعا لطريقة الاداء فيجب ان يراعى المدرب ذلك عند تدريب اللاعب حيث يقوم المدرب بتعليم التنفس اثناء تعليمه لمراحل اداء الحركة . ومن الافضل اداء التنفس وفقا لايقاع منتظم الا ان ذلك عمليا لا يتحقق . وقد تتطلب بعض انواع الأنشطة الرياضية عناية خاصة لتوافق حركات التنفس مع الأداء وبدون ذلك لا يتمكن الشخص من الأداء مثل السباحة حتى لا يستطيع من لا يجيد التنفس ان يسبح وقد امكن تقسيم مراحل التنفس فى السباحة الى اربعة مراحل هى :

١ — الشهيق خارج الماء .

٢ — فترة دخول الراس فى الماء .

٣ — الزفير تحت الماء .

٤ — فترة خروج الراس من الماء .

ويتطلب اداء هذه المراحل نوعا من الصعوبة فى اداء حركات التنفس طبقا لأوضاع الراس داخل وخارج الماء وفى نفس الوقت توافق هذه الحركات مع باقى حركات السباحة الأخرى ويزيد صعوبة ذلك ايضا ارتباط هذه المراحل بأزمنة محددة حيث يتميز الشهيق بقصر زمنه الذى يتراوح فى السباحة الحرة (الزحف) حوالى ٣ر. ثانية ويستطيع سباحى المستويات العليا استنشاق حوالى ٣ لتر هواء وهو ما لا يلاحظ فى اى رياضة أخرى ، ولذلك يلاحظ دائما تفوق السباحين فى السعة الحيوية .

وعادة ما يتم التنفس عن طريق الفم بعكس ما يحـدث اثناء الراحة عن طريق الأنف ، ويقل استهلاك الاكسوجين حوالى ٣٠ — ٣٥٪ اذا ما تم التنفس من الأنف اثناء النشاط الرياضى كما تزيد التهوية الرئوية فى حالة التنفس عن طريق الفم حوالى ٢ — ٣ مرات عنها فى حالة التنفس عن طريق الأنف، وقد يخالف ذلك القواعد الصحية للتنفس عن طريق الأنف الا أن ذلك عمليا لا يتحقق الا فى حالة أداء الأحمال البدنية الخفيفة فقط التى لا تتطلب قدرا كبيرا من التهوية الرئوية اما عندما تزيد التهوية الرئوية فان الأنف لا تساعد على تحقيق ذلك ويتم الاعتماد على الفم .

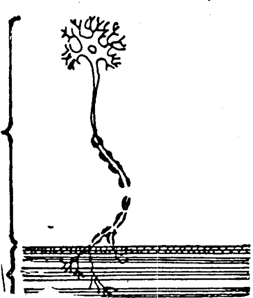
وقد دلت التجارب على أن زيادة التهوية الرئوية اثناء النشاط الرياضى تكون على حساب زيادة سرعة التنفس أكثر من زيادة عمقه ، وقد اجريت فى هـذا المجال بعض الدراسات عن التنفس فى المشى والجرى واشارت نتائج هذه الدراسات الى أن التنفس يتم فى خلال الدقيقة الأولى من المشى بمعـدل مرة كل ٤ر٧ خطوة بينما يزيد المعدل فى آخر دقيقة ويصبح مرة كل ٣ر٦ خطوة بينما بالنسبة للجـرى فيكون بمعـدل مرة كل ٤ر٩ خطوة فى الدقيقة الأولى ويزيد معدل التنفس حتى يصل الى مرة كل ٣ر١ خطوة فى الدقيقة الأخيرة ، وبناء على ذلك يمكن اعتبار زيادة معدل التنفس مؤشرا للتعب ، ويمكن استخدام معـدل التنفس كوسيلة للتـدريب كما فى حالة التدريب على نقص الأكسوجين بتقليل مرات التنفس .

الفصل الثالث

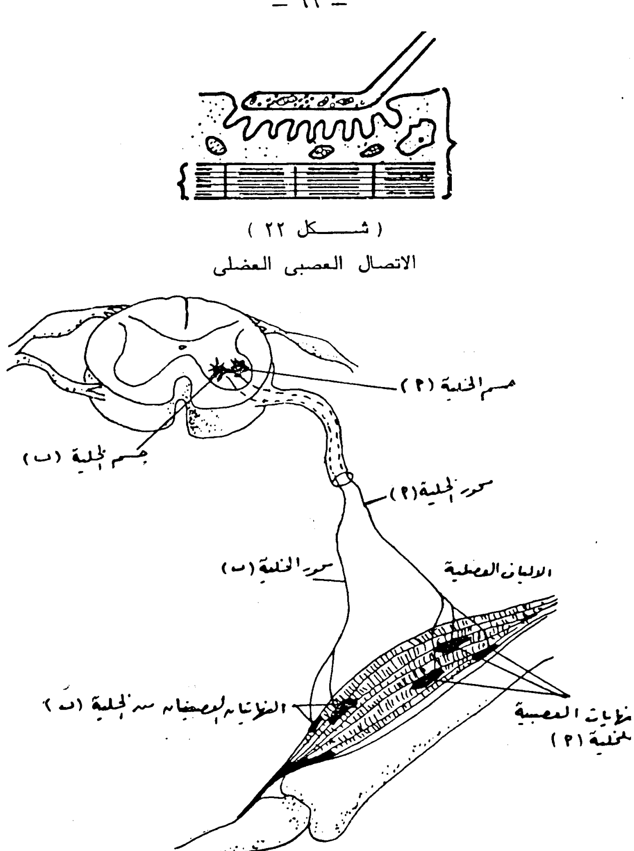
٣ ـ الجهـــاز العضـــلى

١/٣ ـ مقـــدمة :

يعتبر « الجهاز العصبى العضلى » هو المسئول عن تحريك اعضاء الجسم حيث تســـتقبل العضلة الهيكلية الاشارات العصبية من الخلايا العصبية الحركية وتقوم بوظيفتها لأداء الانقباض العضـــلى . وعلى ذلك فان الجهاز العضلى يتكون بالاضافة الى اعضاء الاســـتقبال الحسى من العضلات الهيكلية والخلايا العصـــبية المتصـــلة بها عن طريق المحـــاور العصبية التى تخرج من أجسام الخلايا العصبية لتصل الى العضلات حيث ينقسم المحور العصبى الى عدة نهايات عصبية (شـــكل ٢١) تتصل كل منهـــا بليفـــة عضـــلية فى منطقـــة خاصـــة تســـمى اللوح الطرفانى (...Motor Endplate) (شـــكل ٢٢) وبناء على ذلك فان كل خلية عصبية تتصل بعدد من الألياف العضلية يقدر بعدد النهايات العصبية المتفرعة من محورها وهذه الوحـــدة المكونة من الخليـــة العصـــبية والألياف العضلية التابعة لها تسمى الوحدة الحركية (Motor Unit) وهى تعتبر الوحـــدة الأســاسية للجهاز العصبى العضلى وتختلف الوحدات الحركية من الناحية الفسيولوجية والمورفولوجية ويظهر ذلك فى حجم جسم الخلية وســـمك محورها وعدد الألياف التابعة لها (شكل ٢٣) .



(شـــكل ٢١)
الخلية العصبية المركبة



(شــــكل ٢٢)

الاتصال العصبى العضلى

(شــــكل ٢٣)

وحدتان حركيتان تغذى الوحدة (أ) ثلاث الياف عضلية
وتغذى الوحــدة (ب) ليفتين عضليتين
(عن : لامب ١٩٨٤ Lamb)

فبينما يكون هذا العدد خمس الياف فى بعض الوحدات يصل الى اكثر من الف ليفة فى وحدات اخرى وخاصة فى العضلات الكبيرة التى لا تحتاج الى دقة الأداء الحركى ، ومن الناحية الفسيولوجية فان الوحدات الحركية تختلف تبعا لسرعة الانقباض العضلى لذا فهناك الوحدات الحركية البطيئة والوحدات الحركية السريعة ، وتتميز الوحدات الحركية بصفة عامة ببعض الخصائص ومنها أنها تتبع فى عملها (قانون الكل أو لا شىء) All or None Law أى أن الوحدة الحركية تنقبض أو تسترخى بكامل أليافها فى وقت واحد ومن غير الممكن أن تنقبض بعض الياف الوحدة الحركية بينما البعض الآخر يكون فى حالة استرخاء ، كما تتميز الوحدات الحركية بتبادل العمل فيما بينها خاصة اذا طالت فترة العمل العضلى ، كما تشترك الوحدات فى الانقباض العضلى بقدر القوة المطلوبة .

٢/٣ — أنواع العضلات :

توجد فى الجسم ثلاثة أنواع من العضلات وهى العضلات الارادية (المخططة او الهيكلية) والعضلات اللا ارادية (الناعمة) وعضلة القلب (شكل ٢٤) ، وتختلف هذه الأنواع تبعا لوظائفها ونوعية النسيج العضلى ، حيث يلاحظ أن العضلات الارادية تبدو تحت الميكروسكوب مخططة بما تحتويه من مناطق معتمة ومناطق مضيئة ، بينما يلاحظ ان

نسيج عضلة القلب — عضلة ناعمة — عضلة هيكلية

(شكل ٢٤)
أنواع النسيج العضلى

العضلات الناعمة لا يظهر فيها مثل هذا التخطيط ولكنها لا تخضـــع لارادة الفرد وتعمل مستقلة ، وتختلف عضلة القلب فى تركيبها الذى يشـــبه العضلات المخططة الا أنها عضلة غير ارادية . وتشكل العضلات الارادية حوالى ٤٠٪ من وزن الجسم بينما تشكل العضلات الناعمة وعضلة القلب من ٥ — ١٠٪ من وزن الجسم .

وهناك بعض الخصائص العامةالتى يتميز بها النســـيج العضلى ليستطيع اداء وظائفه ومن اهم هذه الخصائص ما يلى :

(أ) القابلية للاستثارة : وهى القدرة على الاستجابة للمثير لتصبح العضلة نشـــطة ســـواء كان هذا المثير حراريا او كيمائيا او ميكانيكيا او كهربائيا .

(ب) الانقباضية : يمكن للعضلة أن تقصر فى طولهـــا وتصـــبح اكثر ســـمكا .

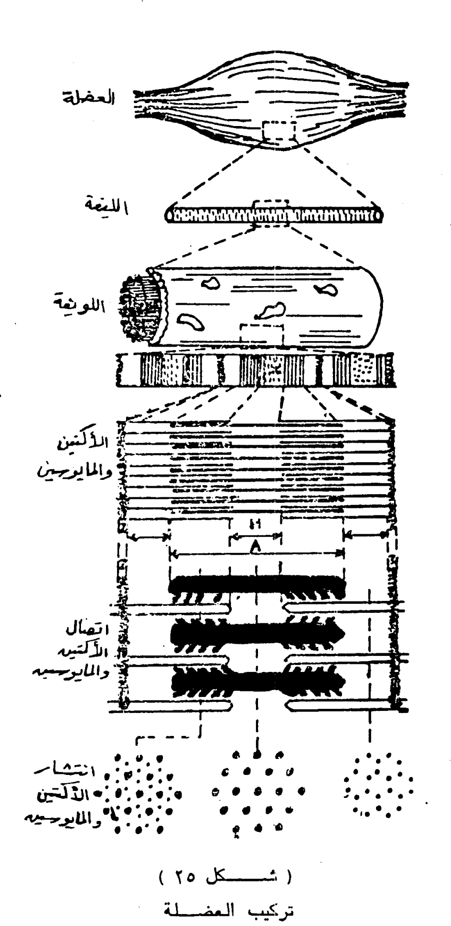
ويحدث الانقباض العضلى اما تحت سيطرة الجهاز العصبى اراديا كما فى العضلات الهيكلية أو لا اراديا كما فى العضلات الناعمة وعضـــلة القلب .

(جـ) المطاطية : تتميز العضلة بقدرتها على المطاطية فاذا ما وقعت العضلة تحت شد معين فأنها تعود مرة اخرى لنفس طولها .

٣/٣ — تركيب العضلة :

تتكون العضلة من الألياف العضلية التى تتجمع فى شكل حزم عضلية وهـــذه الأليـــاف يتحدد عددها خـــلال الاربعة أو الخمسة أشـــهر الأولى بعد الولادة ولا يتغير هذا العدد طوال العمر الا أن التدريب الرياضى يزيد من سمك هذه الألياف وبالتالى يزيد سمك العضلة ككل (شكل ٢٥) .

ويغلف الليفة العضلية من الخارج غشاء يســـمى (ســـاركوليما) Sarcolemma ويقوم هذا الغشـــــاء بتوصيل الاشارات العصبية على سطح الليفة العضلية ، والليفة العضلية تعتبر خلية من خلايا الجســـم الا أنها تختلف عن باقى خلايا الجسم بزيادة عدد النويات كما أنها تحتوى



(شـــكل ٢٥)
تركيب العضـــلة

ايضا على مادة البرتوبلازم وتسمى ساركوبلازم Sarcoplasm كما تحتوى على الميتوكوندريا Mitocondria وهى اجسام داخل الليفة العضلية تحتوى على المواد الزلالية الذائبة مثل الميوجلوبين ، وحبيبات الجليكوجين والنقط الدهنية والمواد الفوسفورية وغيرها من المواد والجزئيات الصغيرة والأيونات وكل هذه المواد تستخدمها الليفة لعضلية كمصادر للطاقة اثناء الانقباض العضلى ، وتحتوى الليفة العضلية على نظام اتصال على شكل قنوات يتم خلالها انتقال الاشارة العصبية من على سطح الليفة العضلية الى داخلها كما يتم من خلالها تخلص الليفة العضلية من الفضلات .

وتحتوى الليفة العضلية بداخلها على اللويفات وهى المسئولة عن اتمام الانقباض العضلى نتيجة لما تحتويه من فتائل اكثر صغرا تسمى مايوفيلامنتس Myofilaments وهى نوعان النوع الأول اكثر سمكا ويسمى (مايوسين) والنوع الآخر رقيق ويسمى (الأكتين) ؛ وتبعا لتنظيم هذه الفتائل نجد أن العضلة تنقسم الى مناطق مضيئة ومعتمة على التوالى ومن هنا جاءت تسمية العضلات الهيكلية باسم العضلات المخططة ، وتتكون المنطقة المعتمة من نسبة اكبر من فتائل المايوسين السميكة ، بينما تتكون المنطقة المضيئة من أجزاء الأكتين ، وتتداخل نهايات الأكتين والمايوسين فيما بينها (شكل ٢٦) .

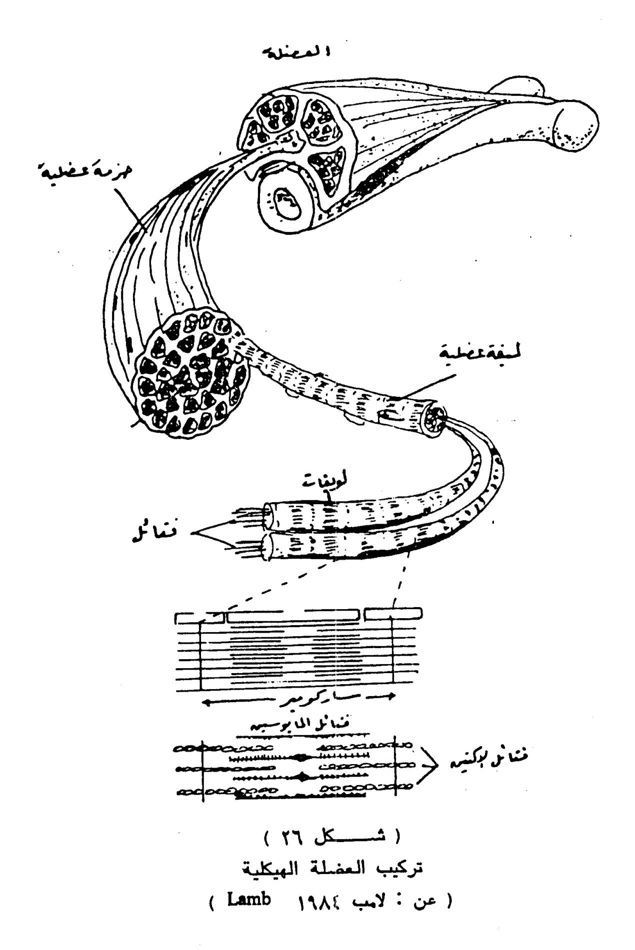
ويمكن تصور تركيب العضلة الهيكلية كما يلى :

(أ) العضلة وتتكون من الألياف مجمعة على شكل حزم عضلية .

(ب) كل ليفة عضلية تحتوى على آلاف اللويفات .

(جـ) اللويفة تتكون من فتائل الأكتين والمايوسين .

وبالرغم من تشابه التركيب العام للألياف العضلية الهيكلية الا أنه يمكن تقسيمها من حيث سرعة او زمن الانقباض العضلى الى نوعين هما الألياف العضلية البطيئة Slow Twitch Fibers (الألياف الحمراء) والألياف العضلية السريعة Fast Twitch Fibers (الألياف البيضاء) ويختلف كل نوع تبعا لوظائفه وانتاجية الطاقة وقابليته للتعب ويمكن المقارنة بين



(شـــكل ٢٦)

تركيب العضلة الهيكلية

(عن : لامب ١٩٨٤ Lamb)

الخصائص الفسيولوجية لكلا النوعين على النحـــو التالى كما يوضحه الجدول رقم (٢) .

جـدول (٢)

المقارنة بين الخصائص الفسيولوجية للألياف العضلية البطيئة والسريعة

الخصائص الفسيولوجية	الألياف البطيئة (الحمراء)	الألياف السريعة (البيضاء)
نشاط انزيم ثلاثى ادينوسين الفوسفات	اقـل	اكبر
نشاط انزيمات الطاقة اللاهوائية للجليكوجين	اكثر	اقـل
عدد الميتوكوندريا	اكثر	اقـل
نشاط انزيمات الطاقة الهوائية	اكثر	اقـل
عدد الشعيرات الدموية بكل لينة عضلية	اكثر	اقـل
نشاط انزيمات أكسدة الأحماض الدهنية	اكثر	اقـل
القدرة على التعبئة اثناء العمل لفترة قصيرة	اقـل	اكثر
القدرة على التعبئة اثناء الحمل الأقل من الأقصى أو الحمل المتوسط	اكثر	اقـل

٤/٣ – الانقباض والارتخاء العضلى :

تقوم العضلة بوظيفتها الأساسية عن طريق الانقباض والارتخـــاء العضلى ونتيجة لذلك تتحرك عظام الجسم المتصلة بهذه العضلات لتحدث الحركات المختلفة او تثبت اعضاء الجسم عند اتخاذ أوضاع معينة تبعـا لنوع الانقباض العضلى ، وترتبط عملية الانقباض العضلى بعملية ارتخاء العضلات حيث أن تبادل الانقباض والارتخاء العضـلى له اهميته فى الاداء الحركى بصفة عامة وكذلك للعمل على أن تنال العضلة فرصة للحصــول على احتياجاتها من الدم اثناء عملية الارتخاء وفيما يلى توضيح كيفية قيـام العضلة بالانقباض والارتخاء العضلى .

١/٤/٣ — الانقباض العضلى : Muscle Contraction

تفسر عملية الانقباض العضلى تبعا للنظرية « الانزلاقية » بمعنى ان تنزلق فتائل الأكتين للتقارب من بعضها البعض فى المسافات البينية لاجزاء المايوسين السميكة نسبيا ويساعد فى اتمام ذلك وجود زوائد على سطح فتائل المايوسين تسمى « الجسور المتقاطعة » Cross Bridges التى تتصل بفتائل الأكتين وتكون متجهة للخارج فى اتجاهها قبل الانقباض العضلى ، وعندما تتحرر الطاقة الكيمائية لتتحول الى الطاقة الحرارية والميكانيكية فان هذه الطاقة تؤدى الى تحريك تلك الجسور المتقاطعة الى الداخل فى اتجاه مركز المايوسين وبذلك تجذب تلك الجسور المتقاطعة معها اثناء حركتها للداخل فتائل الاكتين المتشابكة معها (شكل ٢٧) .

ارتخاء

انقباض

(شكل ٢٧)

ارتخاء وانقباض العضلة

ويتم الانقباض العضلى وفقا لتغيرات كيمائية متسلسلة يمكن تلخيصها فيما يلى :

(أ) تقوم الاشارات العصبية بتغيير فرق الجهد وانتشاره على غلاف الليفة العضلية .

(ب) عند تغير فرق الجهد يظهر الكالسيوم من شبكة الساركوبلازم .

(جـ) يقوم الكالسيوم بايقاف نشاط التروبونين Troponin وبالتالى يتحرر نشاط انزيم ثلاثى ادينوسين الفوسفات ATPas

(د) يساعد الأنزيم فى انشطار ثلاثى ادينوسين الفوسفات الى ثنائى الفوسفات + الفوسفات .

(هـ) تتحرر الطاقة من انشطار ثلاثى ادينوسين الفوسفات وتسبب حركة انزلاق الاكيتن ويحدث الانقباض العضلى .

٢/٤/٣ — الارتخاء العضلى : Muscle Relaxation

يحدث الارتخاء العضلى بعودة فتائل الأكيتن الى وضعها الأول وتخرج من المسافات التى بين أجزاء المايوسين وتتجه الجسور المتقاطعة الى الخارج فى الوضع الذى كانت عليه قبل الانقباض العضلى وتتم هذه العملية بعد توقف العصب الحركى عن توصيل الاشارات العصبية الى الألياف العضلية ونتيجة لذلك يتوقف انتاج الطاقة المسببة للانقباض العضلى بتوقف انشطار ثلاثى ادينوسين الفوسفات Adenosin Triphosphat (ATP) ولكن ذلك يحدث بعد عدة عمليات كيمائية مرتبطة ببعضها وفقا لما يلى .

(أ) يتسبب عدم وصول اشارات عصبية الى عدم تغيير فرق الجهد الكهربائى لغشاء الليفة العضلية .

(ب) يتم استعادة الكالسيوم الى مكانه الأصلى فى شبكة الساركوبلازم .

(جـ) يتحرر نتيجة ايقاف مفعول الكالسيوم التروبونين وبالتالى فانه يقوم بنشاطه المعتاد أثناء ارتخاء العضلة بايقاف نشاط انزيم ثلاثى ادينوسين الفوسفات .

(د) نتيجة لتوقف نشاط انزيم ثلاثى ادينوسين الفوسفات فان المركب الكيمائى ثلاثى ادينوسين الفوسفات لن ينشطر وبذلك لا تتحرر الطاقة .

(هـ) نتيجة لعدم تحرر الطاقة لا يحدث الانقباض العضلى وتبقى العضلة فى حالة ارتخاء .

. وقد تقابل عملية الارتخاء العضلى بعض المشاكل التى تعوق اتمامها فيحدث التقلص العضلى ، وقد يرجع سبب ذلك الى بعض هذه التغيرات الكيميائية فى العضة مثل تغيرات مستوى تركيز الصوديوم والبوتاسيوم حول جدار الخلية وما يتبع ذلك من تأثير على توصيل الاشارات العصبية كما أن زيادة نشاط الكالسيوم داخل الألياف العضلية يؤدى الى استمرار الانقباض العضلى خاصة عند عدم القدرة على استعادته الى الساركوبلازم اثناء الارتخاء العضلى .

٥/٣ — أنواع الانقباض العضلى :

يوجد اربعة انواع أساسية للانقباض العضلى يستخدم كل منها لاداء وظيفة معينة اثناء الاداء الرياضى او فى ظروف الحياة العامة .

١/٥/٣ — الانقباض العضلى المتحرك (الايزوتونى) :
Isotonic Contraction

تقصر العضلة فى طولها مع زيادة توترها عند اداء هذا النوع من الانقباض العضلى ، ويستخدم هذا الانقباض فى معظم انواع العمل العضلى وخاصة فى حالة رفع اى اثقال ويمكن ايضا أن يطلق على هذا النوع الانقباض الدينامى Dynamic او الانقباض المركزى Concentric باعتبار أن العضلة تقصر فى طولها فى اتجاه مركزها . وفى هذا النوع من الانقباض لا تظهر العضلة القوة العظمى لها على مدى مسار حركة المفصل ومثال على ذلك ان العضلة ذات الراسين العضدية لا تظهر قوتها العظمى الا فى الوضع الذى يكون عليه الساعد مع العضد فى زاوية ما بين ١١٥ — ١٢٠ درجة وتكون اقل قوة حينما تصبح هذه الزاوية ٣٠ درجة ، ويعنى ذلك أن العضلة حينما تواجه بحمل ثقل معين فان هذا الثقل يكون دائما أقل من أضعف زاوية للعمل العضلى بمعنى أن اقصى قوة للعضلة تحددها أضعف زاوية لعمل المفصل وليس اقوى زاوية وهذا بالطبع يعتبر من

عيوب الاعتماد على الانقباض المتحرك وحــــده فى برامج التدريب (مثل استخدام البارات الحديدية) . (شكل ٢٨ — ب) .

٢/٥/٣ — الانقباض العضلى الثابت الايزومترى :

خلال الانقباض الثابت تخرج العضلة توترا الا أنها لا تغير طولهـــا ويحدث هذا النوع من الانقباض العضلى اثناء اداء الأنشطة الرياضية مثل المصارعة واتخاذ الأوضاع الثابتة المختلفة ، كما فى رياضة الجمباز او عند محاولة رفع ثقل معين لا يقوى الفرد على تحريكه أو محاولة دفع مقـــاومة كجدار حائط وفى هذه الحالة يصبح فى الامكان انتاج قوة عضلية كبيرة دون اظهار حركة واضحة للعضلات العاملة او للثقل الذى يحاول الفرد رفعه او دفعه .

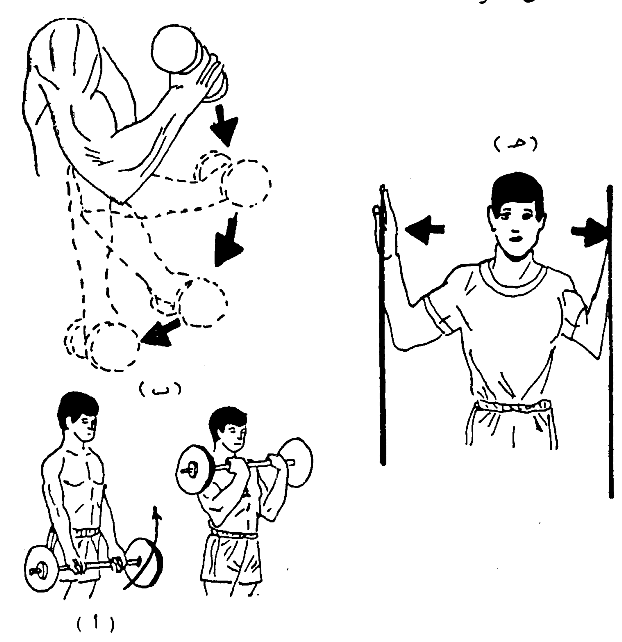
وعند مقارنة القوة العظمى الناتجة عن الانقباض الثابت بمثيلاتهـــا الناتجة عن الانقباض العضلى المتحرك فاننا نلاحظ تفوق القوة الثابتة على المتحركة ويرجع ذلك الى ثلاث اسباب هى :

(أ) تنقبض العضلة فى الانقباض العضـــلى الثابت بعدد أكبر من الألياف العضلية نتيجة زيادة المقاومة التى تواجهها بدليل ان تفوق القـــوة العضلية على المقاومة يؤدى الى تغلب القوة العضلية على المقاومة وهنا تحدث الحركة ، بينما اذا زادت المقـــاومة تزيد عدد الأليـــاف المشتركة فى الانقباض ولذا فان القوة الثابتة دائما يصاحبها اشتراك عدد اكبر من الألياف العضلية .

(ب) يحدث الانقباض العضلى الثابت بدون تغيير فى طول العضلة وهذا بدوره يساعد على ان تنقبض العضلة وهى فى طولها المثالى وبذلك تنتج أكبر قوة حيث من المعروف ان القوة العضلية تختلف تبعـــا لاختلاف زوايا المفصـــــل وتكون أكبرها عندما تكون زاوية المفصل تقترب من ٩٠ درجة ، ويرجع سبب ذلك لأن العضلة فى هذه الحالة تكون فى طولها المثالى لاعطاء اكبر قدر من الانقباض من حيث تنظيم فتائل الاكتين والمايوسين والجســـور المتقاطعة التى تربط بينها فى أفضل وضع يمكنها من اعطاء اكبر انقباض عضلى وهذا لا يتوفر فى

الانقباض المتحرك نتيجة لاختلاف زوايا المفصل وبالتالى طول العضلة على مدى الحركة .

(جـ) يتوفر فى الانقباض العضلى الثابت ميزة استمرار الانقباض العضلى وهذا بدوره يعطى فرصة للتركيز وانتاج قوة عضلية اكبر مما تحدث فى الانقباض العضلى المتحرك الذى تتغير فيه قوة الانقباض على مدى الحركة .



(شكل ٢٨)

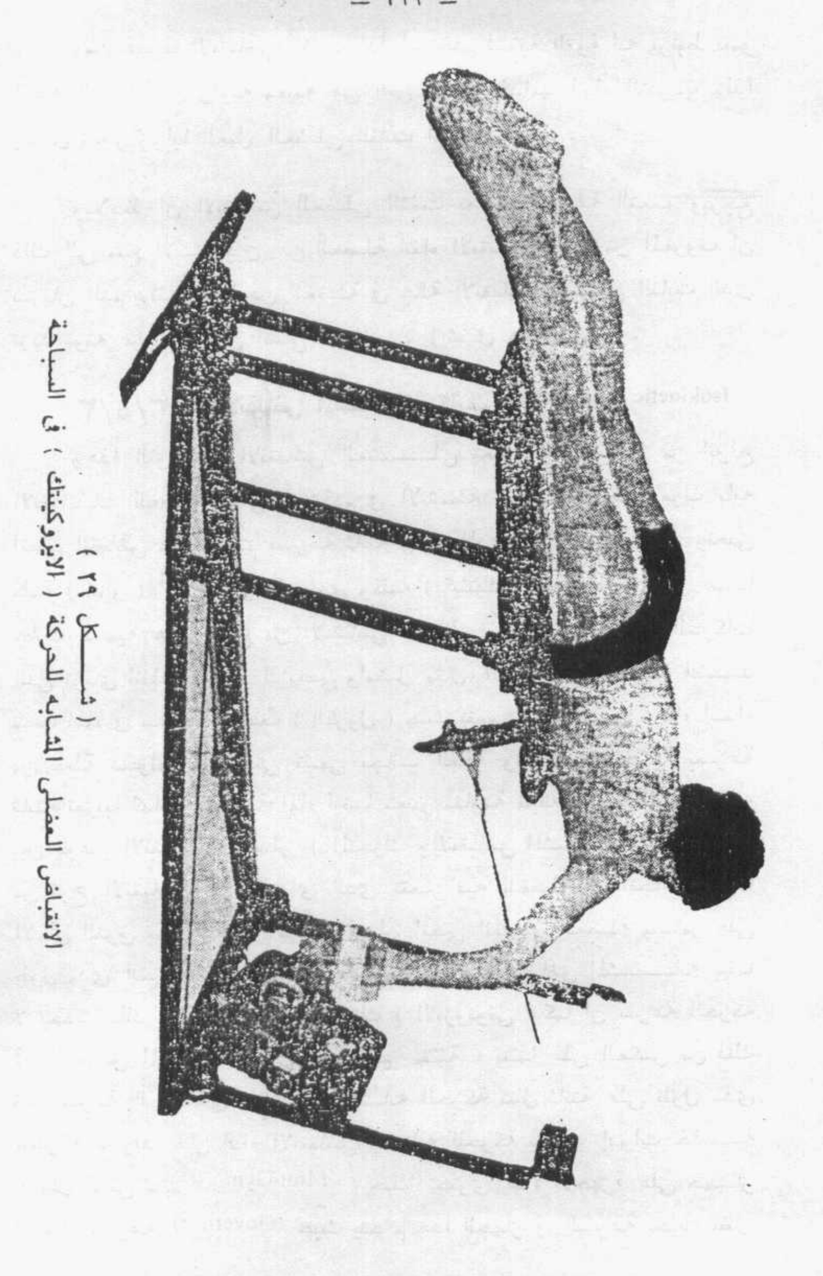
(أ) الانقباض العضلى فى اتجاه مركز العضلة (انقباض بالتقصير) .
(ب) الانقباض العضلى فى اتجاه خارج مركز العضلة (انقباض بالتطويل)
(جـ) الانقباض العضلى الايزومترى او الثابت (لا يتغير طول العضلة) .
(عن : كاتش ومك اردل ١٩٨٣ .Katch and McArddle)

ومن عيوب الانقباض الثابت اذا استخدم لتنمية القوة أنه يرتبط بنمو القوة العضلية فى زاوية معينة هى التى تم استخدامها اثناء التدريب ولذا يفضل تغيير زوايا العمل العضلى الثابت أثناء التدريب .

ويلاحظ ان الانقباض العضلى الثابت يصحبه سرعة التعب ويرجع ذلك الى منع الاكسوجين عن العضلة اثناء الانقباض حيث من المعروف أن سريان الدم يمتنع تماما عن العضلة فى حالة الانقباض العضلى الثابت الذى تزيد قوته عن ٧٠٪ من أقصى انقباض . (شكل ٢٨ — جـ) .

٣/٥/٣ — الانقباض المشابه للحركة : Isokinetic Contraction

وهذا النوع من الانقباض العضلى يعتبر نوعا جديدا من أنواع الانقباضات العضلية التى تستخدم فى الأنشطة الرياضية وهو يعرف بأنه أقصى انقباض عضلى يتم بسرعة ثابتة خلال المدى الكامل للحركة . وتعنى كلمة (ايزو) المشابه او المساوى وكلمة (كينتيك) تعنى حركة ومن هنا جائت تسمية هذا النوع من الانقباض العضلى نظرا لتشابهه مع الحركات التى تؤدى أثناء النشاط الرياضى وأفضل مثال على ذلك هو حركة الشد تحت الماء فى سباحة الزحف (الكرول) حيث تقوم اليد بالشد فى الماء ابتداء من نقطة دخولها الماء حتى تنتهى بجانب الفخذ وتتم هذه الحركة بسرعة ثابتة تقريبا كما أن مقاومة الماء ايضا تعتبر مقاومة ثابتة . وهناك تشابه بين نوعى الانقباض العضلى (المتحرك والانقباض المشابه) فى أن كلاهما من نوع الانقباض المركزى أى الذى تقصر فيه العضلة فى اتجاه مركزها الا ان الفرق بين النوعين يتضح فى أن أقصى انقباض للعضلة يستمر على طول مدى الحركة من بدايتها حتى نهايتها فى الانقباض المشابه بينما لا يحدث ذلك أثناء الانقباض المتحرك (الايزوتونى) كما أن سرعة الحركة فى الانقباض المتحرك بطيئة نسبيا وغير مقننة ، بينما على العكس من ذلك فان سرعة الحركة فى الانقباض المشابه للحركة تظل ثابتة على طول مدى الحركة . ولذا فان اداء الانقباض المشابه للحركة يتطلب ادوات خاصة (مثل المينى جيم Mini-Gym) حيث تحتوى هذه الأجهزة على جهاز لضبط السرعة (Governor) حيث يتحكم هذا الجهاز فى السرعة بحيث تظل



(شـكل ٢٩) الإنقباض العضلى المشابه للحركة (الايزوكينتك) فى السباحة

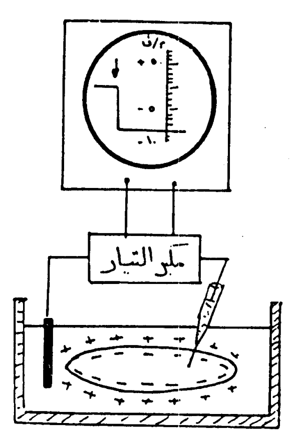
دائما ثابتة وبذلك اذا أراد الشـــــخص اداء الحركة فانه يؤديها بأسرع ما يمكن مع الاحتفاظ بأقصى توتر عضلى على طول مدى الحركة وفى نفس الوقت تظل سرعة الحركة ثابتة خلال مداها الكامل ، ويمكن التحـــكم فى جهاز التدريب لتعديل سرعة الحركة بدرجات مختلفة تبدأ من الصفر حتى ٢٠٠ حركة / دقيقة ، وهناك أنواع كثيرة من الأنشطة الرياضية تتطلب ما يزيد على اداء اكثر من ١٠٠ حركة / دقيقة ، وتحتوى معظم اجهــزة التدريب على مؤشر يســـــجل مدى القوة العضـــلية المبذولة ولذا يمكن الاستفادة بذلك عند قياسات القوة العضلية او تقنين جرعات التدريب ، ومن الوجهــــة النظرية او العملية فان التدريب لتنمية القـــوة العضلية باستخدام الانقباض العضلى المشابه « ايزوكنيتك » يعتبر من انسب الطرق الملائمة لطبيعة الأداء أثناء النشاط الرياضى (شكل ٢٩) .

٤/٥/٣ — الانقباض العضلى اللامركزى ... Eccentric Controction

وهـــذا النوع من الانقباض العضلى هو عكس الانقبـــاض المتحرك (الأيزوتونى) حيث تطول العضلة أثناء زيادة توترها وأفضل مثال لهـــذا الانقباض عند اداء حركة نزول الثقل الى الأرض وكذلك الجرى على منحنى هابط أو عند الهبوط من السلم وعادة ما يلاحظ هذا الانقباض العضلى فى الأنشطة الرياضية فى حركات الهبوط المختلفة فى رياضة الجمباز ، وعنـــد فرد الذراع وهبوط الجسم لأســـفل عنـــد الشـــد على العقـــلة وغيرها (شكل ٢٨ — ب) .

٦/٣ — الظاهرة الكهربائية للعضـــلة :

يحدث الانقباض العضلى نتيجة لاستقبال الليفـــة العضلية استثارة من الأعصاب الحركية مما يؤدى الى تغــــير مفاجىء فى الحالة الكهربائية للعضلة وتنتشر موجة هذه الاثارة على طول الليفة العضلية والى داخلها لتصل الى اللويفات التى تستجيب لذلك بالانقباض ، ولكى نفهم كيفية حدوث الاثارة وكذلك كيفية انتقالها من الضرورى معرفة الفرق بين توزيع الشحنات الكهربائية فى حالة الراحة وحالة الحركة (شكل ٣٠) .



(شـــكل رقم ٣٠)

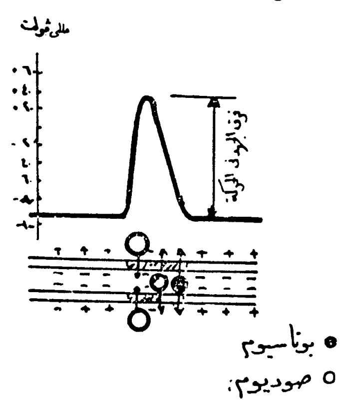
قياس فرق الجهد الكهربائى لغشاء الليفة العضلية

١/٦/٣ — فرق الجهد الكهربائى فى حالة الراحة Resting Potential

يختلف توزيع أيونات الصوديوم والبوتاسيوم فى داخل الليفة العضلية وخارجها حيث تزيد نسبة تركيز أيونات الصوديوم الموجبة الشحنة والكلورين خارج الليفة العضلية بينما تكمل نسبة تركيز أيونات البوتاسيوم السالبة على زيادة الشحنة داخل الليفة العضلية اكثر من خارجها وهذا الاختلاف فى توزيع الأيونات ذات الشحنات الموجبة والسالبة حول غشاء الليفـــة العضلية يتسبب فى ملاحظة فرق جهد كهربائى يتراوح ما بين ٥٠ — ١٠٠ مللى فولت ، وهذه الحالة يمكن تغييرها بعدة وسائل منها التيار الكهربائى او العوامل الكيمائية أو فى الظروف العادية بواسطة الاشارات العصبية والتى تسبب تغيرا فى الحالة الكهربائية لليفة العضلية وتحدث حالة فقد الاستقطاب Depolarization والتى تؤدى بالعضلة الى حالة أخرى تعرف «بحالة الحركة» .

٣/٦/٢ — فرق الجهد الكهربائى فى حالة الحركة Action Potential

نتيجة لوصول الاستثارة الى غشاء الليفة العضلية فانه يسمح بنفاذ أيونات الصوديوم الى داخل الليفة العضلية وفى نفس الوقت تخرج أيونات البوتاسيوم الى الخارج ، وبذلك يتغير توزيع الشحنات الكهربائية فتصبح سالبة خارج الليفة العضلية وموجبة داخلها وتستمر هذه الحالة لبضعة أجزاء من الثانية ويمكن قياسها بالجلفانوميتر وهذه الاستثارة تنتشر على طول الليفة العضلية بسرعة ٥ متر/ثانية تقريبا وتكون سببا فى حدوث الاستجابة الكيميائية لانتاج الطاقة واتمام الانقباض العضلى (شكل ٣١) .

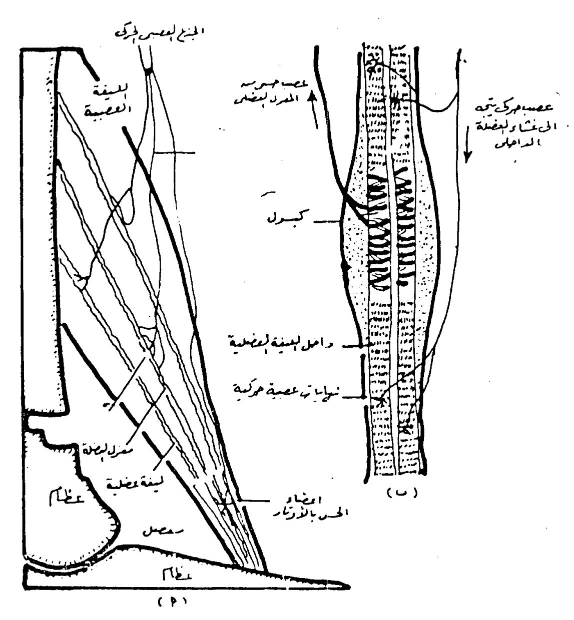


(شكل رقم ٣١)
فرق الجهد الكهربائى فى حالة الحركة
وتغيرات أيونات الصوديوم والبوتاسيوم

٣/٧ — اعضاء الحس بالعضلة :

هناك نوعا من المستقبلات الحسية يسمى Proprioceptors بمعنى « الأعصاب الانتهائية الحسية » وهذه الأعصاب تقوم باستقبال الاحساسات من العضلات والأوتار والمفاصل وترسلها الى النخاع الشوكي

وتشمل هذه المعلومات نوعية الاستجابة الحركية من حيث دقتها ودرجتها واتجاهها ومعدل التغير فى التوتر العضلى ، وتختلف انواع هذه المستقبلات الحسية الا أن العضلة تحتوى على نوعان من هـذه المستقبلات الحسية هما المغـازل العضلية Muscle Spindles واعضـاء جـولجى الوترية Golgi Tendon Organs وهما ينتشران بين الأليـاف العضلية فى شبـكل متوازى معها ، ويتم استثارة هذه الأعضاء الحسية عن طريق الشـد ، وعند قطع هـذه الأعصـاب يختل العمـل الحركى للعضلة ويظهر ذلك



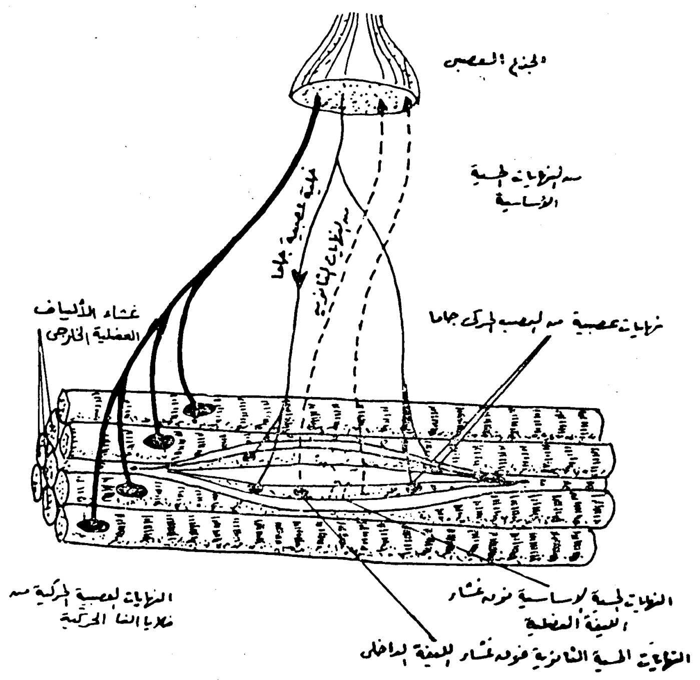
(شـكل رقم ٣٢)

(أ) المغزل العضلى داخل الليفة العضلية .

(ب) شكل مكبر للمغزل العضلى .

(عن : ميرتون ١٩٧٢ Merton)

عندما يحاول الانسان رفع ثقل من على الأرض فان العضلة فى البداية تمط وبناء على درجة الشد الواقعة على العضلة تقوم المغازل العضلية بارسال معلومات عن ذلك الى الجهاز العصبى (شكل ٣٢) وبناء على ذلك يقوم الجهاز العصبى بتجنيد عددا من الوحدات الحركية لتشترك فى الانقباض العضلى تبعا لدرجة المطاطية أو الشد الذى وقع على العضلة عند بداية حمل هذا الثقل ، وتقوم المغازل العضلية ايضا بدور هام عند اداء المهارات الحركية (شكل ٣٣) .



(شـــكل رقم ٣٣)

(رسم تخطيطى لتشريح المغزل العضلى Muscule Spinles)

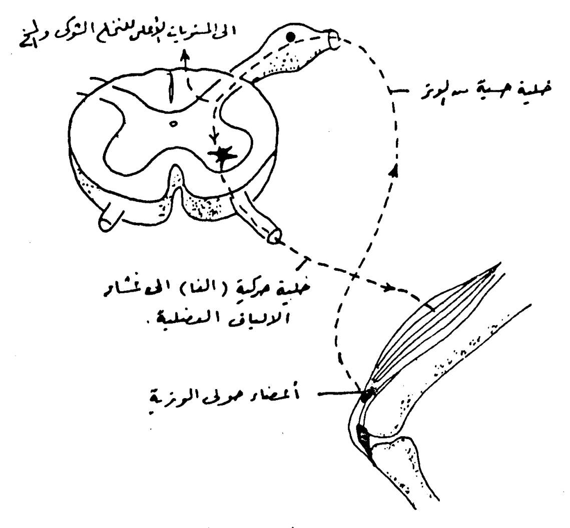
(عن : لامب ١٩٨٤ Lamb)

وتوجد أعضاء جولجى الوترية فى الأوتار العضلية وهى أيضا حساسة لاى شـد او مط يقع على العضلة وهى المسئولة عن ارسال المعلومات الخاصة بمقدار قوة الانقباض العضلى الى الجهاز العصبى فاذا كان الانقباض العضلى قويا بدرجه قد تسبب خطورة على العضلة فان هـذه الأعضاء الحسية تقوم بتبليغ ذلك الى الجهاز العصبى الذى يرسل أوامره للعضلة لكى ترتخى ، وبصفة عامة فان اعضاء جولجى الوترية والمغازل العضلية يقومان معا بتسهيل وفاعلية أداء حركات الجسم .

وهكذا يتم تنفيذ الحركات المختلفة للجسم من خلال العلاقة المتبادلة بين العضلات وما بها من اعضاء الحس والجهاز العصبى المركزى ، ويتم التحكم فى الحركات البسيطة بواسطة الانعكاسات على مستوى النخاع الشوكى مثل تحريك الذراع عند الشعور بسخونة عالية ، بينما تحتاج الحركات المركبة الى التحكم فى ادائها عن طريق المراكز العصبية العليا بالمخ (شكل ٣٤) . وبصفة عامه يمكن القول ان الخلايا العصبية الحركية الموجودة فى النخاع الشوكى تقوم بالسيطرة على الانقباض العضلى للعضلات بينما تقوم الخلايا العصبية الحركية الموجودة فى المراكز العصبية العليا بالمخ بالتحكم فى برمجة الانقباضات العضلية المتتالية عند اداء المهارات الحركية،ويتوقف تنظيم الانقباض العضلى علىعدة عوامل منها عدد الوحدات الحركية العاملة فكلما زادت أدى ذلك الى زيادة قوة الانقباض العضلى ، كما تتبادل الوحدات الحركية العمل فيما بينها فى حالة زيادة فترة العمل العضلى .

٨/٣ — الجهاز العضلى والتدريب الرياضى :

يؤدى التدريب الرياضى المنظم الى زيادة كفاءة الجهاز العضلى ويظهر ذلك بصورة مباشرة فى قدرة العضلة على انتاج القوة العضلية سواء كانت ثابتة او متحركة كما تزيد سرعة الانقباض العضلى بالاضافة ايضا الى تأثير التدريب على تحمل العضلة للعمل فترة طويلة فى مواجهة التعب ، وتتحقق هذه الكفاءة الوظيفية للعضلة من خلال التغيرات الفسيولوجية التى تحدث كنتيجة للتدريب الرياضى المنظم ، وفيما يلى عرض



(شــكل رقم ٣٤) .
الفعل المنعكس للعضو الحسى الوترى
يؤدى الانقباض أو الشد الزائد للعضلة الى تنبيه النهاية العصبية للوتر الذى يرسل اشارات بكف تاثير العصب الحركى (الفا) مما يقلل الانقباض
(عن : لامب ١٩٨٤ Lamb)

لأهم التغيرات الوظيفية المصاحبة لزيادة كفاءة العضلة الوظيفية والتى تظهر فى تحسن كل من القوة العضلية والسرعة والتحمل .

١/٨/٣ — الجهــاز العضلى والقوة العضلية :

يرى بعض العلماء ان « القوة العضلية » تعتبر من أهم الصــفات البدنية التى يتاسس عليها وصول الفرد الى اعلى مراتب البطولة الرياضية نظرا لتاثيرها الكبير على تنمية الصفات البدنية الأخرى كالسرعة والتحمل والرشاقة خاصة فى تلك الأنشطة الرياضية التى يرتبط فيهــا استخدام للقوة العضلية بجانب تلك الصفات البدنية ، ويمكن تعريف القوة العضلية

بأنها « قدرة العضلة فى التغلب على مقاومة خارجية او مواجهتها » ويلاحظ أن هذا التعريف يشمل كلا من القوة العضلية المتحركة (الديناميه) والثابتة حيث أن « تغلب العضلة على المقاومة » يعنى القوة المتحركة كما ان « مواجهة المقاومة الخارجية » يعنى القوة الثابتة ، وهناك العديد من المقاومات الخارجية التى ينبغى على العضلات مقاومتها فى غضون التدريب الرياضى والمنافسات الرياضية ومن امثلة هذه المقاومات ما يلى :

(أ) مقاومة ثقل خارجى معين : مثل مقاومة الأثقال المختلفة أو الكرات الطبية .

(ب) مقاومة ثقل الجسم : مثل الجرى او الوثب او تمرينات الوقوف على اليدين .

(ج) مقاومة منافس : كما فى حالة التمرينات الزوجية او فى رياضة المصارعة .

(د) مقاومة الاحتكاك : كمقاومة الاحتكاك بالأرض كما فى رياضة الدراجات أو مقاومة الماء كما فى السباحة والتجديف مثلا .

٣/٨/١/١ — العوامل الفسيولوجية المؤثرة فى القوة العضلية :

هناك العديد من العوامل الفسيولوجية التى يمكن او تؤثر فى القوة العضلية ويمكن تلخيص اهم هذه العوامل فيما يلى :

(أ) المقطع الفسيولوجى للعضلة :

يقصد بالمقطع الفسيولوجى مجموع مقطع كل الياف العضلة الواحدة ، ويرى علماء الفسيولوجى انه كلما كبر المقطع الفسيولوجى للعضلة كلما زادت القوة العضلية اى أن قوة العضلة تزداد بزيادة حجم الألياف العضلية Hypertrophy ومن المعروف أن عدد الأليـاف فى العضلة الواحدة ثابت لا يتغير ولا يزداد بسبب عامل التدريب الرياضى .

ومن الملاحظ أن المقطع الفسيولوجى للعضلة يزداد كنتيجة للتدريب الرياضى وفى حالة عدم ممارسة الفرد للنشاط العضلى لفترة طويلة

كما فى حالة المرض أو تجبيس العضلة تحــدث ظاهرة « ضمور العضـــلة » Hypotrophy .

ولقد أصبح معروفا بالدليل العلمى منذ عام ١٨٨٩ أن التدريب الرياضى لزيادة القوة العضلية يصاحبه زيادة فى حجم العضلة وهـــذا يرجع الى زيادة مساحة المقطع العرضى للعضلة الناتج عن زيادة مقطع كل ليفـــة عضلية ويرجع سبب هـــذه الزيادة الى ما يأتى :

— زيادة عدد وحجم اللويفات العضلية Myofibrias بكل ليفة عضلية .
— زيادة الحجم الكلى للمكونات الانقباضية خاصة فتائل المايوسين .
— زيادة كثافة الشعيرات الدموية بكل ليفة عضلية .
— زيادة كميات وقوة الأنسجة الضامة والأوتار والأربطة .
— زيادة عدد الأليـــاف الناتج عن الانقســـام الطولى لليفـــة العضلية وقد أجريت الدراسات فى هـــذا المجال على الحيـــوانات ولم تتأكد على الانسان بعـــد .

وترتبط القوة القصوى للعضلة بعدد الألياف المكونة لهـــذه العضلة وكذلك سمك هـــذه العضلة حيث أن عـــدد وســـمك الأليـــاف العضلية هو فى النهاية الذى يحدد مقطع العضلة العرضى ككل أو المقطع التشريحى ويطلق مصطلح (القوة النسبية للعضلة) على العلاقة بين قوة العضـــلة ومساحة مقطعها العرضى حيث تعنى القوة النسبية مقدار قوة كل سم٢ من المقطع (كجم/سم٢) وتتراوح ما بين ٤ — ٨ كجم/سم٢

ويتحدد المقطع التشريحى للعضلة بمساحة المقطع العرضى المتقاطع مع طول العضلة ، وبناء على ذلك فان العضلة ذات الألياف المســـتقيمة المتوازية قد تتساوى فى مقطعها التشريحى مع العضلة ذات الألياف المائلة لذا فاننا نستخدم مصطلحا آخر وهو (المقطع الفسيولوجى) وهذا المقطع يمر بجميع مقاطع الألياف العضلية تبعا لمدى انحرافها ، وبنـــاء على ذلك فان المقطع التشريحى يتســـاوى مع المقطع الفسيولوجى فى العضلة ذات الألياف المتوازية ، والعكس من ذلك فان العضلة ذات الأليـــاف المنحرفة

يزيد فيها المقطع الفسيولوجى عن المقطع التشريحى ولذلك فانهـا تكون العضـلة الاقوى فى حالة تساويها فى المقطع التشريحى مع عضلة اخرى متوازية الالياف ، وحيث ان القـوة العضلية ترتبط بالمقطع الفسيولوجى فان هذا المقطع تزيد مساحته نتيجة للتدريب الرياضى الذى يؤثر على زيادة سمك الليفة العضلية ولذلك فان هناك نوعين من هذه الزيادة .

النوع الأول — زيادة مساحة المقطع عن طريق الساركوبلازم :

والساركوبلازم هو الجزء غير المسئول عن انقباض االيفة العضلية ويزيد الساركوبلازم نتيجة زيادة مخزون مواد التمثيل الغـذائى للعضلة مثل الجليكوجين وفوسفات الكرياتين والميوجلوبين والشـسيرات الدموية وهذا النوع من الزيادة تأثيره قليلا على مستوى القوة العضلية ولكنه تأثيره اساسا على التحمل وتقل القوة النسبية للعضلة .

النوع الثانى — زيادة مساحة المقطع عن طريق زيادة اللويفات :

ويرتبط هـذا النوع بزيادة حجم اللويفات داخل الليفـة العضلية وهى العناصر المسئولة عن الانقباض العضلى مباشرة ولذا فان هذه الزيادة يكون تأثيرها الأساسى على القوة العظمى للعضلة وبذلك أيضا تزيد القوة النسبية .

ويتحدد نوع زيادة المقطع الفسيولوجى للعضلة تبعا لنوعية التدريبات فاذا كانت التمرينات المستخدمة من نوع الانقباض العضلى المتحرك وتؤدى لفترة طويلة تكون زيادة المقطع من النوع الأول (الساركوبلازم) بينما تؤدى التمرينات باستخدام الانقباض العضلى الثابت بمستوى شدة اكثر من ٢/٣ القوة القصوى الى زيادة مساحة المقطع من النوع الثانى (اللويفات) .

(ب) اثارة الأليـاف العضلية :

من المعروف ان الليفة العضلية الواحدة تخضع لمبدأ « الكل أو عدمه » وهـذا يعنى انه اذا وقع اى مؤثر على الليفـة العضلية الواحدة فانهـا اما ان تتأثر بكاملها أو لا تتأثر اطلاقا .

وهذا يعنى ان هذا المبدأ لا يسرى على عمل العضلة ككل (يستثنى من ذلك عضـــلة القلب) اى انه اذا وقع مؤثر على لعضـــلة الواحـــدة فانهـــا قد تتأثر بكاملها او قد يتأثر جزء منهـــا — اى قد تتأثر كل اليافها او بعضها طبقا لدرجة الشدة المميزة لهذا المؤثر .

وطبقا لذلك يمكن القول بأن القوة العضلية تزداد فى حالة القـــدرة على اثارة كل الياف العضلة الواحدة او اثارة اكبر عدد ممكن من الألياف العضلية الضرورية ، وبطبيعـــة الحال كلما ازدادت درجة قوة المثيرات (كزيادة شـــدة المقاومة مثـــلا) كلما استدعى ذلك اشتراك عـــدد اكبر من الألياف العضلية وبالتالى زيادة القوة التى تستطيع العضلة انتاجها .

(جـ) حالة العضلة قبل بدء الانقباض :

من الملاحظ انه فى بداية النشاط العضلى تصل القوة الفعلية الحادثة الى اقصاها ويرتبط ذلك بخاصية استطالة او تمدد واسترخاء العضلة ، فالعضلة المرتخية الممتدة تستطيع انتاج كمية من القوة تزيد عن قوة العضلة التى لا تتميز بالاستطالة او التمدد والاسترخاء .

وهذه الحقيقة يستغلها الفرد الرياضى الى اقصى مدى ممكن فى مختلف الحركات التى تتطلب القوة العضلية مثل اســـتغلال الحركات الاعـــدادية التى تسبق الجزء الرئيسى من الحركة مباشرة لامكان توفير احسن الأسس لضمان قوة الانقبـــاض العضلى فعلى سبيل المثـــال يستغل رامى الرمح او القرص الحركة الاعدادية قبل مباشرة الرمى لمحاولة الوصول الى درجة كبيرة من التمدد والاستطالة التى تسمح بزيادة الانقباض العضلى للمساعدة فى زيادة قوة الرمية ، كما يقوم لاعب رفع الأثقال بعمـــل تمرينات للشـــد والمطاطية لعضلات الفخذ والعضلات الباسطة لمفصـــل الركبة ليستطيع انتاج قوة عضلية اكبر عند رفع الثقـــل .

ويرجع السبب فى زيادة انتـــاج القوة العضلية فى حالة تمدد العضلة الى استثارة المغازل العضلية الحسية الموجودة فى العضلة فتقوم باعداد الجهاز العصبى لتجنيد مجموعات كبيرة من الألياف العضلية بالاضافة ايضا

الى ان من طبيعة النسيج العضلى انه نسيج مطاط ومن خصائصه زيادة قوة وسرعة الانكماش اذا ما تم شده ولذلك فان عمليات الاطالة التى تسبق العمل العضلى تساعد على تقليل المقاومة الداخلية فى العضلة وتزيد من قوة وسرعة الانقباض العضلى استفادة من صفة النسيج العضلى المطاط .

ولا تتوقف حالة العضلة قبل الانقباض على المطاطية أو الاطالة او الارتخاء ولكن يمكن أيضا تدفئة العضلة قبل العمل العضلى وبذلك يمكن العمل على زيادة انتاج القوة العضلية . وهناك طرق مختلفة لتدفئة العضلة منها التدفئة السلبية والتدفئة الايجابية (النشطة) والتدفئة الايجابية العملية .

وتشمل التدفئة السلبية استخدام التدليك والحرارة الموضعية والعامة باستخدام الموجات الصوتية Ultrasound او الحمامات الدافئة او السونا أو الادشاش الساخنة أو الكمادات الساخنة .

وتشمل التدفئة الايجابية (النشطة) استخدام النشاط البدنى لتدفئة العضلة مثل تمرينات الجرى .

وتشمل التدفئة النشطة العملية استخدام نفس الحركات البدنية التى يستخدمها اللاعب فى نشاطه الرياضى التخصصى كوسيلة للتدفئة بنفس الشكل الذى تستخدم فيه اثناء المنافسة .

ويفضل دائما استخدام التدفئة النشطة والتدفئة النشطة العملية لمدة تتراوح من ٥ — ٣٠ دقيقة قبل اداء العمل العضلى الذى يتطلب القوة .

(د) فترة الانقباض العضلى :

كلما قلت فترة الانقباض العضلى كلما زادت القوة وعلى العكس من ذلك كلما طالت فترة الانقباض العضلى فان مقدار القوة لا يظل ثابتا بل يتغير ، ويتسم العمل العضلى بالبطء ولا يصل أقصى انقباض فيه الى نفس الدرجة التى بلغها فى أول الأمر ، ثم يقل تدريجيا حتى تقف العضلة عن العمل .

(هـ) نوع الأليــاف العضلية :

هناك اختــلاف واضح بالنسبة للنواحى الوظيفية للألياف العضلية المختلفة التى تتكون منها العضلات فالألياف العضلية الحمراء تتميز بقابليتها القليلة للتعب كما ينتج عنـــد استثارتها انقباضـــات عضلية تتميز بالقوة والبطء ، ولفترات طويلة كعضلات البطن والعضلة الأخمصية مثلا .

أما الألياف البيضاء فانها تتميز بسرعة الانقباض مع قابليتها السريعة للتعب كالعضلة ذات الراسين الفخذية والعضلة الخياطية مثـــلا ، وكثير من عضـــلات جســـم الانســـان تختلط فيهـــا الأليـــاف العضلية الحمراء والبيضــــاء معـــا .

وطوال سنوات عديدة كان يعتقـــد ان الفرق الرئيسى بين الأليـــاف الحمراء والأليـــاف البيضـــاء هو اختـــلاف مقدار ما فى كل منهما من مادة الميوجلوبين وهى المـــادة المســـئولة عن الاتحاد مع الاكســـوجين الوارد الى العضلة من الشعيرات الدموية ليقوم الميوجلوبين بعد الاتحاد به بنقله الى داخل الميتوكوندريا فى الليفة العضلية حيث يتم استهلاكه فى انتـــاج الطاقة الهوائية ، ونظرا لأن الميوجلوبين لونه أحمر لذا فانه يعطى اللون الأحمر للألياف الحمراء التى تحتوى على كمية منه ويعتبر ذلك من أسباب قدرة الأليـــاف الحمراء على التمثيـــل الغـــذائى اعتمادا على الاكسوجين مما يجعلها اكثر تحملا للاستمرار فى العمل ، ويعتمد الانسان على الألياف الحمراء عند اداء الأنشطة الرياضية التى تتميز بالتحمل والأداء لفترة طويلة كالسباحة الطويلة والجرى مسافات طويلة بينما يعتمد على الألياف البيضاء فى حالة النشاط الرياضى لفترة قصيرة كالعدو والوثب والدفع وغيرها .

وتختلف النسبة المئوية للألياف الحمراء والبيضاء فى عضلات الانسان المختلفـــة . ولا يمكن بواسطة التدريب الرياضى تحويل الأليـــاف الحمراء الى الألياف البيضاء ، وقد وجد « كوستيل » Costill ان متسابقى الجرى للمسافات الطويلة لديهم نسب مئوية عالية من الألياف الحمراء ، كما تزيد نسب الألياف البيضاء لدى متسابقى المســـافات القصـــيرة ، وقد لوحظ فى بعض الأحيان وصول نسبة الألياف البيضاء الى حوالى ٩٠٪ كما لوحظ

ثبات هذه النسبة لدى التوائم بالرغم من اختلاف نوع النشاط الرياضى ، وقد وجد ان نسبة الالياف السريعة لدى متسابقى المسافات القصيرة تبلغ حوالى ٧٩٪ بينما تبلغ نسبة الالياف البطيئة لدى متسابقى المارثون ٨٢٪ .

وفى الوقت الحالى اصبح يطلق على الألياف مصطلح الألياف السريعة او الالياف البطيئة وترجع الفكرة فى ذلك الى ان هناك نوعين من الألياف السريعة احدهما من الالياف البيضاء والآخر نوعا خاصا من الألياف الحمراء التى تتميز بقدرتها على الانقباض السريع بالرغم من احتوائها على نسبة اكبر من الميوجلوبين ، ويعتقد البعض أن هذين النوعين لا يتحولان الى الألياف البطيئة ولكنهما يتحولان فى داخل نفس تقسيمهما تبعا لنوعية التدريب الرياضى أو تحت تأثير نشاط الهرمونات . وقد دلت بعض الدراسات أن تدريب متسابقى المسافات القصيرة على الجرى لمسافات طويلة يؤدى الى تحويل الألياف البيضاء الى الياف حمراء من النوع السريع وبذلك يزيد تحملهم ولكنهم يفقدون بعض سرعتهم ، وقد اجرى اختبار للوثبة العمودية للاعب المارثون « أمبى بيرفوت » الفائز بالمركز الأول ببطولة بوسطن١٩٦٨ وسجل اللاعب مسافة ٩ بوصات فى الوثبة عندما فاز بهذا السباق وبعد مرور عامين على ذلك أعيد اختباره مرة أخرى بعد أن فقد لياقته فى جرى المارثون الا أنه سجل فى الوثبة العمودية ارتفاعا اكبر بلغ ٢٠ بوصة وقد يعزى ذلك الى تأثير تدريبات المارثون على نسبة الالياف الحمراء السريعة ، كما سجل السباح « جون كنسيلا » بطل المسافات الطويلة عندما كان خارج الموسم التدريبى ٢٠ بوصة فى نفس الاختبار وعندما اجرى اختباره مرة اخرى فى خلال الموسم التدريبى سجل ١٧ بوصة ، وقد اقترح كل من مارجريا وكالامن استخدام اختبار الوثبة العمودية لاختبار القوة المميزة بالسرعة (القدرة العضلية) وقد اشارت بعض الدراسات الى وجود علاقة عالية بين نتائج هذا الاختبار ونتائج اختبار العدو ٥٠ ياردة بعد البداية من الجرى ١٥ ياردة حيث بلغ معامل الارتباط ٩٧٤ر. .

ولا ترتبط بسرعة الانقباض العضلي بنوعية الالياف المنسية السريعة

والبطيئة فقط ولكن يشترك فى ذلك ايضا نوعية الخلية العصبية الحركية وفى ضوء ذلك يتحدد نوع الوحدة الحركية سواء كانت سريعة ام بطيئة .

(و) درجة التوافق بين العضلات المشتركة :

ترتبط القوة العضلية ارتباطا وثيقا بدرجة التوافق بين العضـــلات المشتركة فى الاداء ويعتمد فى ذلك على الجهاز العصبى الذى ينظم التوافق الداخلى فى العضلة نفسها وكذا التوافق بين العضلات المشتركة فى الانقباض حيث يشمل التوافق داخل العضلة عدد الوحدات العاملة ومعـــدل تردد الاشارات العصبية وسرعتها والعلاقات الزمنية التبادلية بين عمل الوحدات الحركية . بينما يشمل التوافق بين العضلات المشتركة تنظيم التعـــاون بين العضلات العاملة والاقلال من المقاومة التى تسببها العضلات المضادة بتحديد الادوار التى تقوم بها هذه المجموعات سواء كانت عضلات اساسية تقوم بالحركة او عضلات مقابلة ترتخى حتى لا تعوق اداء الحركة او عضلات مثبتـــة او موجهـــة .

(ز) الافادة من النظريات الميكانيكية :

يعتبر التطبيق الصحيح للنظريات الميكانيكية اثناء الأداء من العوامل الهامة التى تسهم فى زيادة القوة العضلية الناتجة ومن امثلة ذلك الاستخدام الصحيح لنظريات الروافع مثل اطالة اذرع القوة لامكان التغلب على المقاومة الخارجيـــة .

وتعمل العضلة كآلة تقوم بتحويل الطاقة الكيمائية الى شغل ميكانيكى او توتر عضلى ويتصـــد بالشـــغل الميكانيكى هنـــا هو الحركة الناتجة عن الانقباض المتحرك بينما يمكن ان تنتج العضلة طاقة الا ان هذه الطاقة لا تظهر فى شكل عمل ميكانيكى اى لا تظهر فى شكل حركة بل تعطى العضلة انقباضا ثابتا يطلق عليه توتر عضلى ولا يحدث « شغل خارجى » عند توتر العضلة مع عدم تغيير طولها تكون هناك قوة ثابتة يمكن قياسها لكن نظرا لعدم وجود مسافة فلا يوجد شـــغل حيث :

الشـــغل = وزن الثقل × مسافة انتقاله .

وقد اجريت تجربة للتعرف على العلاقة بين الشغل وتغيرات طول العضلة ومقدار المقاومة وكانت نتائجها كالآتي فى الجدول رقم (٣) .

(جـدول رقم ٣)

العلاقة بين المقاومة وطول العضلة والشغل .

القيـــاسـات	١	٢	٣	٤	٥	٦
المقــاومة (بالجرام)	صفر	٥٠	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠
مسافة انقباض العضلة (مم)	١٤	٩	٧	٥	٢	صفر
الشــغل (جرام/مم)	صفر	٤٥٠	٧٠٠	٧٥٠	٤٠٠	صفر

ويلاحظ من الجدول السابق أنه كلما زاد وزن المقـاومة قلت مسافة قصر العضلة حتى بلغت (صفر) عندما وصلت المقـاومة ٢٥٠ جـرام (قوة ثابتة) كما بلغ مقدار الشـغل ايضا (صفر) عند هـذا المستوى بينما يلاحظ زيادة مقدار الشغل تدريجيا مع زيادة المقاومة والى درجة معينة (١٥٠ جرام مقاومة مع مسافة تقصير العضلة ٥ مم) وهـذا يعتبر حملا متوسطا على العضلة ويعنى ذلك أن اكبر شغل يمكن ان تحققه العضلة يتم مع الأحمال المتوسطة .

ويرتبط أيضا الشـغل الخارجى للعمل العضلى بسرعة الانقباض حيث يتم تحقيق اكبر شغل خارجى عند سرعات الانقباض المتوسطة ايضا حيث أن جزء من الطاقة العضلية يستهلك عند السرعات العالية للتغلب على اللزوجة الداخليـة للعضلة حيث أنها كلما زادت سرعة الانقبـاض زادت بالتالى مقاومة اللزوجة فى العضلة ، اما بالنسـبة لنقص الشـغل فى السرعات البطيئة فان ذلك يرجع الى استهلاك جزء من الطاقة للاحتفاظ بدرجة الانقباض العضلى نفسـه أكثر من سرعة الانقبـاض العضلى ، وعند اداء اى انقباض عضلى فان التأثير الميكانيكى لهذا الانتباض يتحدد بناء على قوانين الأحمال المتوسطة والسرعة المتوسطة ويظهر ذلك فى حالة تجربة اداء الوثبة العمودية لأعلى مع زيادة سرعة الدفع للأرض بالرجلين او تبطىء هذه السرعة او الدفع بسرعة متوسطة وينطبق ذلك ايضا بصورة واضحة على اداء حركات الشد تحت الماء فى السباحة

وعند اداء الانقباض العضلى فان جزءً من الطاقة الكيمائية يستهلك لاداء العمــل الميكانيكى بينما يتحــول الجزء الاكبر الى حــرارة ولذلك فان الاستهلاك الكلى للطاقة هو مجموع الطاقة المستهلكة للشغل الميكانيكى بالاضافة الى الطاقة المستهلكة لانتاج الحرارة .

(ح) العـــامل النفسى :

تؤثر الحالة النفسية بدرجة كبيرة فى قدرة الفرد على انتـــاج المزيد من القوة العضلية ، فعلى سبيل المثال قد يكون عامل الخوف او عدم الثقة فى النفس من العوامل التى تعوق قدرة الفرد فى انتـــاج المزيد من القـــوة العضلية . ومن ناحية اخرى فان الحماس والفرح وقوة الارادة والاستعداد للكفاح تعتبر من العوامل التى تسهم بدرجة كبيرة فى قدرة الفرد الرياضى على تجميع كل امكانياته وطاقته وبالتالى القدرة على انتاج المزيد من القوة العضلية . ولعل هذا يفسر ظهور الابطال فى احسن مستوياتهم عند توافر العوامل النفسية الايجابية .

٢/١/٨/٣ — التنبيه الكهربائى لتنمية القوة العضلية :

استخدمت طريقـــة التنبيـــه الكهربائى وما زالت تستخدم الى الآن فى المجال العلاجى لتقوية العضلات الا ان اول من استخدمها كطريقة لتنمية القوة العضلية للرياضيين هو العالم كوتس Kots ومساعديه عام ١٩٧١ وقد نشرت أول دراسة علمية عن هذه الدراسة عام ١٩٧٢ حيث استخدم كوتس وخفيـــلون تيـــار كهـــربائى ذو تردد ٥٠ ذبذبة/ثانيـــة من نوع Spuorc Curent وتحدد قوة الاستثارة الكهربائية للعضلة تبعا لدرجة تحمل اللاعب، وقد تم استخدامجهاز خاص لذلك يعمل بالكهرباء ويتمتوصيلالتيار الكهربائى الى العضلة من خلال سلك كهربائى يتصل بقطعتين من الرصاص الذى يتم تغليفه بأى نسيج مع ترطيبه بالماء عند الاستخدام وتثبتـــه على العضلة المراد تقويتها بواسطة شريط من المطاط ، وتساعد طبيعة القطب المصنوع من الرصاص أن يتخذ شكل العضلة نظرا لمرونته ، ويتلخصنظام استخدام التيار الكهربائى فيما يلى :

(أ) زمن فترة الانقباض الأقصى ١٠ ثوان يعقبها ٥٠ ثانية راحة.

(ب) تكرار الانقباضات والراحة ١٠ مرات، وبذلك يبلغ الزمن الكلى للجلسة الواحدة ١٠ دقائق .

(جـ) يتم التدريب كله باستخدام ١٠ جلسات تجرى على ١٠ أيام متتالية أو باستخدام نظام يوم عمل ويوم راحة.

وتلت هذه الدراسة مجموعة من الدراسات، حيث أكدت دراسة دافيدنكو Davedinko ١٩٧٢ تفوق استخدام التنبيه الكهربائى لتنمية القوة العضلية على استخدام طرق التدريب التقليدية الأخرى. كما قام ديمترفيكو Dimtriviko ١٩٧٦ بدراسة أثر التدريب بالتنبيه الكهربائى للعضلات على فاعلية واقتصاد طريقة الأداء الفنية فى السباحة، وقد أمكن باستخدام هذه الطريقة تحسن السرعة فى قطع المسافة من خلال تحسن قوة الشد بالذراع تحت الماء وطول مسافة الشدة الواحدة، وفى مجال الجمباز قام إسماعيل أبو زيد ١٩٧٧ باستخدام التنبيه الكهربائى لتقوية عضلات تحت الشوكة وتحت اللوح وعضلات البطن والفخذ مما ساعد على تعديل طريقة أداء الدورات على جهاز العقلة فى الجمباز، وفى مجال رفع الأثقال قام بالخوفسكى Palkovski ١٩٧٧ بدراسة عن أثر التدريب الكهربائى على لاعبى رفع الأثقال، ودلت نتائج الدراسة على تحسن القوة العضلية لعضلات الفخذ بنسبة ٤٥,٨٪ بعد ٢٠ جلسة مقابل زيادة ٨,٢٪ بالنسبة لمجموعة التدريب العادى، واستمر مستوى هذه القوة عاليًا بالرغم من الانقطاع عن التدريب لمدة ١٥ يومًا ، وقد أجريت دراسات مشابهة فى البيئة المصرية قام بأولها أبو العلا أحمد عبد الفتاح وعلى عبد الرحمن ١٩٨٢ ودلت نتائج الدراسة على تحسن مستوى القوة العضلية لعضلات الطرف السفلى مما كان له تأثير إيجابى على زيادة ارتفاع لاعب الجمباز فى مرحلة الطيران، وفى مجال الوثب العالى أكدت دراسة قدرى بكرى ١٩٨٤ التأثير الإيجابى لطريقة التنبيه الكهربائى على قوة عضلات الطرف السفلى للاعب الوثب العالى.

وقد اكتشف كوتس زيادة حجم العضلة بدرجة كبيرة نتيجة استخدام التنبيه الكهربائى لدراسة ميكانيكية التعب العضلى، ويعنى زيادة حجم العضلة زيادة فى قوتها، وبناء على ذلك فإنه يمكن استخدام التنبيه الكهربائى لتنمية القوة العضلية بناء على أن التدريب الرياضى لتنمية القوة هو تكرار انقباضات عضلية لزيادة حجم العضلة، بل إن طريقة التنبيه الكهربائى تفوق طرق تنمية القوة العضلية الإرادية نظراً للميزات التالية:

(أ) تحتاج إلى فترة زمنية قصيرة بالمقارنة بالطرق الأخرى.

(ب) يمكن التركيز على تنمية عضلة معينة ضمن مجموعة عضلية دون التأثير على هذه المجموعة.

(جـ) تنمو القوة العضلية دون التأثير على توافق الحركة .

(د) تقى اللاعب من الإصابات التى قد يتعرض لها عند التدريب بأحمال ثقيلة جدا ،خاصة فى الرجلين أو العمود الفقرى.

ويمكن استخدام طريقة التنبيه الكهربائى أيضا فى مجالات أخرى خلافًا لمجال القوة تنمية العضلية فقط، حيث تستخدم فى علاج الإصابات الرياضية وكذلك فى إصلاح القوم.وفى مجال الإصابات الرياضية فإن استخدام تيار كهربائى ذى تردد عال له قدرة مذهلة للتأثير التخديرى لسطح العضلة المنبهة ،ويفسر كوتس ذلك بحدوث «بلوك» فى الاتصال العصبى لنقل الإحساس بالألم إلى الجهاز العصبى عن طريق الأعصاب الحسية، بالإضافة الى زيادة سرعة سريان الدم الذى يقلل من حالة الاستسقاء Edema نتيجة لإزالة مخلفات النزيف الداخلى، وبهذا لا يظهر الورم المؤلم الذى يظهر فى حالة العلاج العادى ،حيث يزيد سريان الدم ٤٥٪ بعد تنبيه عضلات الساق ويستمر ذلك لمدة ١٠ دقائق بعد الجلسة، وهذا يساعد على سرعة الشفاء. ويعتقد كوتس أن زيادة سريان الدم تأتى نتيجة الانقباضات العضلية التى تؤدى إلى تفتح الشعيرات الدموية، وبالتالى اتساع الأوعية الدموية المجاورة فى هذا الجزء من الجسم مما يزيد سريان الدم فى الأنسجة الأكثر عمقاً.

ويختلف ذلك عن طرق العـــلاج التقليدية والتى تعتمد على علاج حالات الجذع او الكدمات او الشد باستخدام التبريد ثم الضمادات او الاربطـة لوقف نزيف الدم الداخلى مع عمل كمدات دافئة فى اليوم الثانى والثالث الا ان العلاج الكهربائى يبدأ مباشرة بعد ساعة من الاصابة ونزع الرباط عن مـكانه .

وقد استخدمت طريقة التنبيه الكهربائى ايضـا فى علاج الانحناءات القوامية للعمود الفقرى عن طريق تقوية عضلات البطن والظهر كما يمكن استخدامها لعلاج بعض حالات القدم المفرطحة عن طريق تقوية عضـلات قوس القدم .

وبالرغم من التأثير الايجابى لطريقة التنبيه الكهربائى الا ان البعض ما زال يعارض استخدامها نظرا للدور السلبى للاعب اثناء القيام بها وهذا يتعارض مع الواجبات التربوية للعملية التدريبية . كما يحذر اسـتخدامها مع الناشئين لانها تتناسب مع لاعبى المستويات العليـا فقط ، كما يجب الالتزام بالدقة التامة فى نظام التنبيه الكهربائى ولا يسمح لغير الاخصائيين باستخدامها .

وترجع ميزة استخدام التنبيه الكهربائى فى قدرته على تجنيد جميـع الياف العضلة للانقباض دفعة واحدة وهذا ما لا يحدث فى حالة الانقباض الارادى حيث يظل دائما هناك جزء من الالياف العضلية لم ينقبض وهذا الجزء يسمى « القوة الاحتياطية » .

ويمكن تحديد القوة الاحتياطية لدى الانسان باستخدام الديناموميتر لتحديد القوة القصوى الارادية ، ثم بعد ذلك يستخدم تيار كهربائى لتنبيه العصب المغذى لهذه المجموعة العضلية بحيث تكون قوة التنبيه كافيـة لاستثارة جميع محاور الخلايا العصبية لهذا العصب مع استخدام سرعة تردد تكفى لانتـاج انقباض عضلى مسـتمر وكامل (عادة ٥٠ — ١٠٠ اشـارة / ثانية) وبهذا يمكن تسـجيل القوة الحقيقية للعضلة وكلما قل الفرق بين القوة الارادية والقوة الحقيقية لنفس المجموعة العضلية (القوة الاحتياطية) دل ذلك على كفاءة عمل الجهاز العصبى فى ادارة وتوجيـه

الجهاز العضلى ، وهذا الفرق او ما يسمى القوة الاحتياطية يرتبط بثلاثة عوامل هى الحالة النفسية وعدد المجموعات العضلية العاملة فى نفس الوقت ودرجة توجيه عمل العضلات الاراديه .

أولا : من المعروف ان الانسان يستطيع فى بعض حالات الانفعال اطلاق قوة عضلية تفوق قوته فى الظروف العادية ومن بين هذه الحالات حالة ما قبل المنافسة ، او حينما يسمع اللاعب طلق نارى مفاجىء وكذلك فى حالة التنويم المغنطيسى او تناول بعض العقاقير ، وبذلك تقل القوة الاحتياطية نتيجة زيادة القوة الارادية ويظهر ذلك بصورة أوضح لدى غير المدربين بينما يقل لدى المدربين .

ثانيا : يزيد مستوى القوة الاحتياطية فى حالة قياسها لأكثر من مجموعه عضلية واحدة فى وقت واحد بمعنى أن القوة الاحتياطية لأصبع اليد الكبير تتراوح ما بين ٥ — ١٥٪ من القوة القصوى لهذه العضلة ، فاذا حاولنا قياس القوة الاحتياطية لنفس عضلة الأصبع الكبير لليد ضمنا مع مجموعة عضلية أخرى تعمل على نفس المفصل فانه يلاحظ زيادة القوة الاحتياطية وقد تبلغ حوالى ٢٠٪ .

ثالثا : ويرتبط ذلك العامل بدرجة التوجيه الارادى للعضلة بمعنى قياس العضلة فى نفس الوضع الذى تقوم فيه بانتاج القوه أثناء النشاط الرياضى فمن المعروف أن اختلاف زوايا الجسم وأوضاعه تؤثر على انتاج القوة العضلية .

٢/٨/٣ — الجهاز العضلى والسرعة

١/٢/٨/٣ — سرعة الانقباض العضلى :

سرعة الانقباض العضلى هى الأساس الأول للسرعة الحركية ولكى يتم الانقباض العضلى بصورة سريعة فلا شك أن هذا يتطلب خصائص فسيولوجية معينه يتوافر بعضها فى نفس الليفة العضلية بينما يتوافر البعض الآخر فى العصب المغذى لهذه الليفة ، وحيث ان الليفة العضلية والعصب المغذى لها هما جزء من وحدة حركية اذن فما هو دور الوحدة

الحركية فى سرعة الانقباض العضلى؟ وهل توجد عضلة تتكون من وحدات حركية سريعة فقط وأخرى تتكون من وحدات حركية بطيئة ؟ والإجابة عن هذه التساؤلات توضح كيف تنقبض العضلة بسرعة.

تتكون العضلة من مجموعة مختلفة من الألياف العضلية منها ما هو سريع الانقباض ومنها ما هو بطىء الانقباض، إلا أن الألياف العضلية المكونة للوحدة تكون من نوع واحد من حيث سرعة الانقباض؛ ولذا فإن سرعة انقباض العضلة ككل تتحدد تبعا لنسبة الوحدات الحركية السريعة المكونة لها حيث تحتوى معظم عضلات جسم الإنسان على خليط من الوحدات الحركية السريعة والبطيئة.

ويبلغ زمن انقباض الوحدة السريعة ٦٠ مللى ثانية، بينما يبلغ زمن انقباض الوحدة البطيئة ١٢٠ مللى ثانية. ويتم تشكيل الوحدات السريعة فى الإنسان تدريجيًا تبعًا للنمو البدنى، حيث يولد الإنسان وجميع أليافه العضلية من النوع البطىء، وخلال الأسابيع الأولى بعد الولادة تتشكل الوحدات الحركية السريعة تدريجيا.

وقد شغلت فكرة تحويل الألياف البطيئة إلى ألياف سريعة تفكير العلماء بهدف تطوير الكفاءة البدنية للإنسان لتحقيق مستويات رياضية أعلى، إلا أن هذه التجارب دلت على أن الليفة العضلية ليست هى الوحيدة المسببة للسرعة،وأن مكمن السرعة يرجع أيضا إلى نوع الخلية العصبية التى تسيطر على هذه الليفة العضلية، وقد أجريت تجربة على القطط بهدف تحويل الألياف البطيئة إلى سريعة والعكس وأجريت جراحة لتوصيل ليفة عصبية لعضلة سريعة إلى عضلة بطيئة والعكس بتوصيل ليفة عصبية لعضلة بطيئة الى عضلة سريعة، وبعد فترة معينة لوحظ تحويل العضلة البطيئة إلى عضلة سريعة ، وكذلك تحولت العضلة السريعة إلى عضلة بطيئة ، وتبع ذلك تغيرات خاصة فى مكونات السرعة لليفة العضلية ذاتها تشمل تغيرات كيمائية وتغيرات فى عمليات توصيل الدم للعضلة. وتدل نتائج هذه التجربة على الدور الهام للجهاز العصبى فى التشكيل المورفولوجى أيضا والوظيفى لليفة العضلية.

وتختلف الوحدات الحركية السريعة عن البطيئة من الناحية المورفولوجية أيضا ،حيث يساعدها تركيبها الخاص على سرعة توصيل الإشارات العصبية، فنجد أنها تحتوى على خلايا عصبية ذات أجسام أكبر حجما ومحورها أكثر سمكا مما يقلل مقاومة سرعة سريان الإشارة العصبية كما أن عدد فروعها العصبية أكبر، وعلى العكس من ذلك نجد الوحدات الحركية البطيئة أقل حجما فى جسمها ، كما أن محورها أضيق اتساعا وعدد فروعها العصبية أقل. وهذا الاختلاف المورفولوجى له تأثيره من الناحية الوظيفية على سرعة الانقباض العضلى، حيث تتميز الوحدات السريعة بقوة التنبيه أو الاستثارة وسرعة توصيلها، وكذا سرعة تردد الإشارات العصبية.

وتختلف الوحدات الحركية السريعة عن البطيئة أيضا فى متغير له أهميته، حيث إن الوحدات الحركية السريعة تحتاج إلى درجات أعلى من التنبيه بينما تحتاج الوحدات الحركية البطيئة إلى درجات أقل قوة من التنبيه، ولهذا أهميته فى تنظيم العمل العضلى للإنسان. ويرجع سبب ذلك إلى أن أجسام الخلايا العصبية الصغيرة يمكن تنبيهها بقدر قليل من قوة الاستثارة، أما أجسام الخلايا العصبية الحركية الكبيرة الحجم (الوحدات السريعة) فلا يكفى لتنبيهها إلا درجة عالية من قوة الاستثارة، وهذا يدعونا عند محاولة تنمية السرعة أن نستخدم مثيرات قوية بدرجة عالية تسمح بزيادة استثارة الوحدات الحركية السريعة للعمل (مثل استخدام المنحدرات فى الجرى – استخدام توقيتات سريعة – استخدامات شدات حمل عالية أكبر من ٥٠ – ٦٠٪) ويعنى هذا أيضا أن الوحدات الحركية السريعة لا تشترك فى أى انقباض عضلى ضعيف تبلغ قوته العضلية أقل من ٥٠ – ٦٠٪ من القوة العظمى، ولذا فإن الألياف البطيئة هى دائما التى تقوم بالأعمال البسيطة التى لا تتطلب درجة عالية من القوة أو السرعة، ويرجع السبب إلى مبادرتها للقيام بذلك بالطبع إلى احتياجها إلى قدر قليل من الاستثارة، وهو ما يمكن أن تنتجه المقاومات البسيطة فى مثل هذه الأحوال. ويحدث فى بعض الأحيان أن تشترك الوحدات الحركية السريعة فى بداية الانقباضات العضلية لعدم التقدير السليم لطبيعة المقاومة.

٢/٢/٨/٣ — العوامل الفسيولوجية المؤثرة فى السرعة الحركية :

يرى بعض الباحثين أن مصطلح السرعة يستخدم للدلالة على تلك الاستجابات العضلية الناتجـــة عن التبادل السريع بين حالة الانقباض العضلى والارتخاء العضلى ، وتلعب العوامل الفســيولوجية دورا هاما ومؤثرا فى تنمية وتطوير صـفة السرعة الحركية ومن أهم هـــذه العوامل ما يلى :

(أ) الخصائص التكوينية للألياف العضلية :

كما ســـبق أن أوضحنا خصائص كل من الالياف العضلية البطيئة والألياف السريعة ونتيجة لذلك يصبح من الصعوبة تنمية مســتوى الفرد الذى يتميز بزيادة نسبة اليافه الحمراء فى معظم عضلاته والوصـــول الى مرتبة عالية فى الأنشـــطة الرياضية التى تتطلب بالدرجة الأولى صــفة السرعة ، كما هو الحال فى مسابقات المسافات القصيرة فى العدو والسباحة مثلا . اذ من الممكن تطوير مستواه فى نواحى السرعة الى درجـــة معينة وحدود ثابتة لا يتخطاها كنتيجة للخصائص الوراثية التى يتسم بها تكوين جهازه العضلى . ومن ناحية أخرى فان تنظيم وطول الألياف العضلية يؤثر بدرجة كبيرة على سرعة الانقباض العضلى .

وقد كان لعلماء الفسيولوجى فى السويد الفضل فى الكشف عن كثير من الخصائص الفسيولوجية والبيوكيميائية لتركيب الليفة العضلية الداخلى وذلك لدراسة تأثيرات الحمل البدنى والتدريب باختلاف أنواعه على مكونات الليفة العضلية وكذلك الكشف عن نوعية الليفة العضلية من حيث السرعة أو التحمل ، وقد ســـاعد على ذلك التطور التكنولوجى الذى طرأ على الادوات والأجهزة حيث أمكن بفضل هذا الحصول على عينة من العضـــلة Muscle Biopsy دون التأثير عليهـــا وظيفيا مما يعطى نتائج مباشرة عن التغيرات المرتبطة بالنشاط الرياضى أفضل من التعرف على هذه التغيرات من خلال عينات الدم أو تحليل الغازات ، وعادة تأخذ عينات العضلة من العضلات الكبيرة لتجنب اصابة الأعصاب أو الأوعية بالعضلة ويتم أخـــذ العينات بواسطة ابرة خاصة Biopsy Needle وبعد اخـــذ العينة يتم

تبريدها ثم فحصها تحت الميكروسكوب الالكترونى للتعرف على نوعية الألياف العضلية وحجمها وما تحتويه من الجليكوجين والفسفوكرياتين وثلاثى أدينوسين الفوسفات (ATP) ونشاط الانزيمات . وقد كشفت هذه الطريقة عن وجود نوعان أساسيان من الألياف العضلية أحدهما بطيئة والأخرى سريعة الانقباض ، كما توجد أنواع أخرى فرعية وقد أطلق اسم الألياف السريعة نظرا لقدرة هذه الألياف على الانقباض بمعدل ٣٠ — ٥٠ مرة فى الثانية الواحدة ، بينما تنقبض الألياف البطيئة بمعدل ١٠ — ١٥ مرة / ثانية ، ويختلف النوعان من حيث كفاءتهما للعمل العضلى من حيث السرعة والتحمل ، حيث تزداد كفاءة الألياف السريعة فى أداء انقباضات العضلية السريعة التى تعتمد على انتاج الطاقة اللاهوائية ولكنها سريعة التعب وترجع أسباب سرعة الانقباض العضلى للألياف السريعة الى ما يلى :

١ — بالرغم من أن محتوى (ATP) والجليكوجين فى الألياف السريعة والبطيئة متقاربا الا أن الألياف السريعة تحتوى على كمية أكبر من الفسفوكرياتين (PC) وزيادة فى نشاط الأنزيمات المساعده على انتاج الطاقة اللاهوائية عن طريق نظام ATP-PC وهذا يفسر سبب سرعة انقباض الألياف السريعة خلال فترة ١٠ — ٢٠ ثانية الأولى فى بداية النشاط الرياضى .

٢ — تزيد الانزيمات المساعدة فى عمليات الجلكزة اللاهوائية Anaerobic glycolysis (استهلاك الجليكوجين فى غياب الاكسوجين) وهذا يسمح لهذه الألياف بالانقباض لفترة أطول عند مستوى يقترب من أقصى سرعة .

٣ — تحتوى الألياف السريعة على حوالى ١٢٪ زيادة من البروتين والكالسيوم ساركوبلازميك Sarcoplasmic Ca ++ بالمقارنة الألياف البطيئة وحيث أن الكالسيوم هو العامل المساعد على اداء العمليات الانقباضية لذا فان زيادته فى الليفة العضلية تساعد على سرعة أداء الانقباضات العضلية لفترة أطول .

(ب) النمط العصبى للفرد:

إن تنمية وتطوير صفة السرعة ترتبط بنمط الجهاز العصبى الذى يتميز به الفرد، إذ إن عمليات التحكم والتوجيه التى يقوم بها الجهاز العصبى المركزى من العوامل الهامة التى تتأسس عليها قدرة الفرد على سرعة أداء الحركات المختلفة بأقصى سرعة ، نظراً لأن مرونة العمليات العصبية التى تكمن فى سرعة التغيير من حالات «الكف» (أى إعطاء إشارات لعضلات معينة بالكف عن العمل) إلى حالة «الإثارة» (أى تكليف عضلات معينة بالعمل) تعتبر أساس قدرة الفرد على سرعة أداء الحركات المختلفة.

وعلى ذلك نجد أن التوافق التام فى الوظائف المتعددة للمراكز العصبية المختلفة من العوامل التى تسهم بدرجة كبيرة فى تنمية وتطوير صفة السرعة.

(جـ) القوة المميزة بالسرعة:

إن القوة المميزة بالسرعة عامل أساسى هام لضمان تنمية صفة السرعة،وخاصة فى حالة التغلب على المقاومات التى تحتاج إلى درجة عالية من الانقباضات العضلية.

وقد أثبتت البحوث التى قام بها (أوزلين) إمكانية تنمية صفة سرعة الانتقال لمسابقى المسافات القصيرة فى ألعاب القوى كنتيجة لتنمية وتطوير صفة القوة لديهم، كما استطاع (منزفاى) إثبات أن سرعة البدء والدوران فى السباحة تتأثر بدرجة كبيرة بقوة عضلات الساقين.

وعلى ذلك فإن محاولة تنمية القوة المميزة بالسرعة لدى الفرد الرياضى من العوامل الهامة المساعدة على تنمية وتطوير صفة السرعة،وخاصة صفة سرعة الانتقال والسرعة الحركية.

(د) القدرة على الاسترخاء العضلى:

وتلعب القدرة على الاسترخاء العضلى دورا هاما بالنسبة لصفة

السرعة فمن المعروف أن «التوتر العضلى» وخاصة بالنسبة للعضلات المقابلة من العوامل التى تعوق سرعة الأداء الحركى وتؤدى إلى بطء الحركات، وغالبا ما يعزى التوتر العضلى إلى عدم إتقان الفرد للطريقة الصحيحة للأداء الحركى أو إلى ارتفاع درجة الاستثارة والتوتر الانفعالى، كما هو الحال فى المنافسات الرياضية الهامة.

(هـ) قابلية العضلة للامتطاط:

إن قابلية العضلة أو العضلات للامتطاط كنتيجة لإطالة أليافها العضلية وتميزها بالمطاطية العضلية، من العوامل التى تسهم فى زيادة سرعة الأداء الحركى، نظرا لأن العضلة المنبسطة أو الممتدة تستطيع الانقباض بقوة وسرعة مثلها فى ذلك مثل حبل المطاط. ويجب مراعاة أن القابلية للامتطاط لا يقصد بها فقط العضلات المشتركة فى الأداء الحركى، بل ويقصد به أيضا العضلات المانعة أو العضلات المقاومة حتى لا تعمل كعائق وينتج عن ذلك بطء الحركات.

(و) قوة الإرادة:

إن قوة الإرادة عامل هام لتنمية مستوى قوة وسرعة الفرد، فقدرة الفرد الرياضى فى التغلب على المقاومات الداخلية والخارجية للقيام بنشاط يتجه نحو الوصول إلى الهدف الذى ينشده من العوامل الهامة لتنمية السرعة.

٣/٢/٨/٣ - المبادئ الفسيولوجية للتدريب على السرعة:

تختلف أنواع السرعة فى المجال الرياضى إلا أنه يمكن تقسيمها إلى الأنواع الرئيسية التالية:

- سرعة الانتقال.
- السرعة الحركية .
- سرعة الاستجابة.

١/٣/٢/٨/٣ — سرعة الانتقال :

يقصـــد بها محاولة الانتقال او التحرك من مكان لآخر بأقصى سرعة ممكنة وهذا يعنى محاولة التغلب على مسافة معينة فى اقصر زمن ممكن مثل السباحة والعدو والجرى والمشى والتجديف والدراجات وغيرها ويراعى عند تنمية سرعة الانتقال النواحى الفسيولوجية التالية :

- التدريب باستخدام السرعة الأقل من القصوى حتى السرعة القصوى مع مراعاة الا يؤدى ذلك الى التقلص العضلى وان يتســـم الاداء الحركى بالتوقيت الصحيح والانسيابية والاسترخاء .
- استخدام مسافات قصيرة فى التدريب حتى لا يؤدى التعب الى هبوط مســـتوى السرعة مع عدم التكرار الكثير حتى لا يؤدى التعب الى ظهور اخطاء فى الاداء .
- تكون فترات الراحة كافية بحيث تسمح باستعادة الشفاء وتتراوح غالبا من ٢ — ٥ دقائق .
- عدم اســـتخدام السرعة القصـــوى بما لا يزيد من ٢ — ٣ مرات أسبوعيا تجنبا لارهاق الجهاز العصبى .
- يجب العناية بعمليات التهيئة والاعداد (الاحماء) قبل اجراء تدريبات السرعة للوقاية من الاصابات فى العضلات والأوتار والأربطة .
- الاستفادة من تأثير عامل المرونة والامتطاط على تمرينات السرعـــة وكذلك القدرة على الاسترخا .
- يحسن البدء بتمرينات السرعة عقب عمليـــات الاحماء مباشرة حتى يمكن الاستفادة بفاعلية هذه التمرينات وعدم تأثر الجسم بالتعب .
- الاهتمام بتنمية القوة العضلية حتى يمكن بذلك تنمية سرعة الانتقال.

٢/٣/٢/٨/٣ — تنمية السرعة الحركية :

تلعب السرعة الحركية أو سرعة الأداء الحركى دورا هاما فى كثير من أنواع الأنشطة الرياضية . كما هو الحال فى رمى الرمح ودفـــع الجلة

والوثب العالى وكذلك عند التصـــــويب او التمرير او الجزئى والمحاورة بالكرة . وكذلك بالنسبة للمنازلات الفردية كما فى السلاح والملاكمة ويراعى عند تنمية السرعة الحركية النواحى الفسيولوجية التالية :

— تنمية القوة العضلية بما يتناسب مع طبيعة المقاومة مثل الفرق بين المقاومة التى يواجهها لاعب لدفع الجلة ولاعب السلاح مثلا .

— يرتبط تنمية السرعة الحركية فى بعض الأحيان بضرورة تنمية صـــفة التحمل كما فى الالعاب الرياضية والمنازلات .

— عند توقف نمو مســـتوى السرعة الحركية لدى بعض الأفراد بالرغم من تميزهم بالقوة الحركية واتقانهم للأداء الحركى وفى هـــذه الحالة يحسن التدريب باستخدام ادوات أخف وزنا من الادوات العادية كما هو الحال عند التدريب بالجلل او الاقراص التى تتميز بخفة الوزن او استخدام الملاكمين لقفزات اخف وزنا ، وسبب ذلك ان الجهـــاز العصبى هو الذى يحتاج الى التدريب بعد أن بلغت العضلات قدرا كافيا من القوة العضلية .

٣/٣/٢/٨/٣ — تنمية سرعة الاستجابة :

هناك الكثير من انواع الأنشـــــطة الرياضية التى تتطلب من الفرد القدرة على سرعة الاستجابة مثل كرة القدم والسلة واليد وكذلك الملاكمة والمصارعة ، كذلك عمليات البدء فى مختلف الأنشـــطة الرياضية كالبدء فى الجرى او السباحة ، مما يتطلب من الفرد سرعة الاســـتجابة عقب ظهور المثير مباشرة او عند التغيير فى طبيعة العمل وترتبط دقة سرعة الاستجابة فى الالعاب الرياضية والمنازلات الفردية بالعوامل الفسيولوجية التالية :

— دقة الادراك البصرى والسمعى .

— القدرة على صدق التوقع والحدس والتبصر فى مواقف اللعب المختلفة وكذلك سرعة التفكير بالنسبة للمواقف المتغيرة .

وهناك نوعان من الاستجابة هما :

(أ) الاستجابة (رد الفعل) البسيطة :

(ب) الاستجابة (رد الفعل) المركبة :

(أ) الاستجابة البسيطة:

هى عبارة عن استجابة واعية يعرف فيها الفرد الرياضى سلفا نوع المثير المتوقع ويكون على أهبة الاستعداد للاستجابة بصورة معينة كما فى البدء فى مسابقات الجرى أو السباحة ، وهى عبارة عن عملية إرسال مثير شرطى معروف والاستجابة طبقا لذلك المثير، ويمكن تقسيم عملية الاستجابة البسيطة إلى ثلاث فترات:

١ - الفترة الإعدادية. ٢ - الفترة الرئيسية . ٣ - الفترة الختامية.

الفترة الإعدادية للاستجابة البسيطة: وتشتمل على جزء من الزمن من إشارة الاستعداد (خذ مكانك) حتى إجراء إشارة البدء، وترتبط هذه الفترة بنوع سماع الإشارة والاستعداد للحركة الاستجابية.

الفترة الرئيسية للاستجابة البسيطة: وتشتمل على جزء من الزمن من إدراك الإشارة حتى بداية الاستجابة الحركية .

الفترة الختامية للاستجابة البسيطة: وتشتمل على الفترة من بداية الاستجابة الحركية حتى نهايتها، والتى تتحقق فيها حركة الاستجابة المرئية والتى تتأسس على الفترتين السابقتين.

(ب) الاستجابة المركبة:

وهى استجابة غير واعية، وفى هذا النوع من الاستجابة لا يعرف الفرد سلفا نوع المثير الذى سيحدث،وكذلك نوع الاستجابة الحركية.

٣/٨/٣ - الجهاز العضلى والتحمل:

يمكن قياس التحمل العضلى بقياس زمن الاستمرار فى أداء العمل العضلى المتحرك أو الثابت، وفى العمل العضلى الثابت يقاس زمن الاحتفاظ بقوة الانقباض العضلى فى وضع ثابت، وللمقارنة بين الأشخاص فى التحمل العضلى تستخدم النسب المئوية للقوة القصوى لنفس المجموعات العضلية لكل فرد على حدة.

والعلاقة بين القوة العضلية والتحمل علاقة مركبة، حيث إن هناك علاقة موجبة بين التحمل العضلى الثابت والقوة القصوى الثابتة لنفس المجموعة العضلية، ولا فرق فى ذلك بين الأشخاص مختلفى القوة القصوى حيث إننا نستخدم النسبة المئوية لكل على حدة. ولم يلاحظ وجود علاقة بين القوة القصوى والتحمل العضلى المتحرك لعضلات ثنى العضد وبسط الفخذ بالنسبة للرياضيين وغير الرياضيين (جدول ٤) حيث تقوم العضلات برفع ثقل عبارة عن $\frac{١}{٣}$ القوة القصوى، كما لوحظ وجود علاقة خاصة بين التخصص الرياضى والتحمل العضلى والقوة العضلية، حيث لوحظ أن لاعبى ولاعبات رمى القرص أقل مستوى فى التحمل العضلى لعضلات الفخذ بينما على العكس من ذلك فى أنهم سجلوا أكبر قوة عضلية، ولا تختلف القوة العضلية للاعبى الجرى مسافات طويلة ومتوسطة عن غير الرياضيين إلا أنهم سجلوا أعلى مستوى فى التحمل العضلى المتحرك المرتبط بطبيعة الجرى؛ ولذا لم يلاحظ تفوقهم فى التحمل العضلى المتحرك لعضلات الذراعين مما يدل على أهمية تأثير التخصص الرياضى؛ ولذا فإن تأثير التدريب يرتبط بنوعيته ، حيث يؤدى التدريب الموجه بغرض تنمية القوة القصوى التحمل العضلى والعكس.

جـــدول (٤)
نتائج قياسات القوة والتحمل العضلى المتحرك
(عن : اكاى ١٩٦٤)

اللاعبــــين	عدد الأفراد	عضلات الفخذ		عضلات الذراعين	
		القوة (كجم)	التحمل عدد المرات	القوة (كجم)	التحمل عدد المرات
رجـــال :					
غير رياضيين	١٥	٥٥	٤٨	١٧	٧٥
العـــدو	٧	٧١	٥٢	١٩	٦٥
الجرى مسافات					
طويلة ومتوسطة	٦	٥٥	٣٩٩	١٩	٤٨
الحواجز	٣	٦١	٦٧	١٩	٤٦
لاعبى الوثب	٨	٦٨	٤٩	٢١	٤٥
لاعبى القرص	٨	٨٨	٣٨	٢٦	٥١
السيدات :					
غير رياضيات	١٠	—	—	٩	٧٠
عـــدو	٣	٤٨	٧١	١٢	٧١
جرى مســافات					
طويلة ومتوسطة	٤	٥٣	٦٨	١٠	٦٨
حواجز	٥	٤٨	٦٧	١٠	٦٧
وثب	٢	٥٦	٥٧	١٢	٥٨
قرص	١	٦٨	٤٣	١٧	٤٣

ويلاحظ أن تحمل العمل العضلى يعنى مقـاومة التعب لأطول فترة ممكنة ولذا فان هذا التحمل اما ان يتم فى ظروف عدم كفاية الاكســوجين وبذا فانه يعتبر تحمل لاهوائى او يتم فى وجـود الاكسوجين ويســـمى التحمل الهوائى .

١/٣/٨/٣ – التحمل اللاهوائى للعضلة :

ومعنى التحمل اللاهوائى قدرة العضلة على العمل العضلى لأطول فترة ممكنة فى اطار انتاج الطاقة اللاهوائية والتى تتراوح فترتها من ٥ ثوان الى اقل من دقيقة او دقيقتين ، وهذا العمل العضلى اما ان يكون من النوع المتحرك أو من النوع الثابت ، فمثلا تحتاج سباقات العدو مسافات متوسطة وقصيرة الى التحمل اللاهوائى المتحرك بينما تحتاج رياضة الجمباز مثــلا الى التحمل اللاهوائى الثابت عند اتخاذ الأوضاع الثابتة (زاوية او ارتكاز على المتوازى – تعلق فى وضع التقاطع على الحلق) .

ويتطلب هذا النوع من التحمل كفاءةفى قدرة العضلة على تحمل نقص الاكسوجين وزيادة قدرتها على استخدام نظم الطاقة اللاهوائية وتحمــل زيادة حامض اللاكتيك والتى يكون لها اهمية خاصة حيث ان زيادة حامض اللاكتيك فى العضلة نتيجــــة للجلكزة اللاهوائية يؤدى الى سرعة التعب وبطء الأداء الحركى وانخفاض مستوى قوته ، ولذا فان التحمل اللاهوائى يتم من خلال تأخير ظهور التعب بثلاث طرق هامة تشمل تقليل معدل تجمع حامض اللاكتيك فى العضلة وزيادة معدل التخلص منه عند زيادته مع تحمل الألم الناتج عن وجوده فى العضلة. وسوف نتناول كل طريقة من هذه الطرق كما يلى :

(أ) تقليل معدل تجمع حامض اللاكتيك :

يمكن تقليل تجمع حامض اللاكتيك بتقليل معدل انتاجه فى العضلات مع زيادة معدل التخلص منه فى نفس هذه العضلات ، ويقل انتاج حامض اللاكتيك اثنــاء النشاط البدنى عند زيادة استهلاك الاكسوجين وعند ذلك يتم أكسدة كميات اكبر من أيون الهيدروجين والبيروفيك الناتجة عن التمثيل الغذائى اللاهوائى لتتحول داخـــل الميتوكوندريا الى ثانى اكسيد الكربون والماء ، اما فى حالة عدم كفاية الأكسوجين فان البيروفيك وايون الهيدروجين يتحـــدان لتكوين حامض اللاكتيــك ، كما يمكن ازالة بعض البيروفيـــك من العضــــلات العاملة عند اتحادها مع الأمونيــا لتكوين الانين Alanine

وهذا الالانين هو عبارة عن حامض امينى Amino acid ويمكنه الانتشار الى الدم ثم يتحول الى جلوكوز فى الكبد وقد لوحظ زيادة الالانين فى عضلات الحيوانات كما لاحظ ذلك بعض الباحثين فى الدم لدى الانسان اثناء اداء النشاط البدنى (Carlsten et al., 1962, 1965 – Felig and Wahren 1971)

ويعتبر عامل زيادة معــدل تحول البيرفيك الى الانين هو العامل الرئيسى لتاخير ظهور التعب الناتج عن زيادة انتاج اللاكتيك اثناء النشاط البدنى ، وقد تدر كل من فلج ووارن ١٩٧١ هــذه العملية بامكانية تقليــل حامض اللاكتيك بنسبة ٣٥٪ ــ ٦٠٪ فى الاشخاص المدربين حيث لاحظ الباحثان ان انتاج الالانين يزيد بمقــدار ٥٠٪ فى عضــلات الطرف السفلى المدربة عند اداء النشاط البدنى ذو الشدة المرتفعة ، وعموما فان اى تدريب رياضى يؤدى الى زيادة القــدرة على استهلاك الاكسوجين فانه بالتــالى يؤدى الى تقليل انتاج حامض اللاكتيك وقد يؤدى ايضـــا الى تحول البيرفيــك الى الانين .

(ب) زيادة التخلص من اللاكتيك فى العضلات العاملة :

ينتشر اللاكتيك من الخلايا العضلية الى الدم او الفراغات خارج الخلايا Extracellular Spaces ، ويتم انتشار بعض حامضٌ اللاكتيك خلال الالياف العضلية الاخرى غير العاملة لاستهلاكها كمصدر للطاقة ، كما يتم دفع جزء آخر من حامض اللاكتيك الى الدم الذى ينقله الى العضــلات الاخــرى غير العاملة والى القلب والى الكبد حيث تستهلكه هذه العضلات وكذا عضلة القلب بينما يقوم الكبد بتحويله الى جليكوجين وبالتالى فان زيادة تخليص العضلة من حامض اللاكتيــك يؤدى الى تاخــير انخفاض درجــة PH العضلة والتى تتسبب فى حدوث التعب .

ونظرا لحداثة فكرة زيادة التخلص من حامض اللاكتيك فى العضلة فانه بالرغم من أهمية هــذه العملية الا انه لا توجد حقائق مؤكدة بعــد عن امكانية استخدام التدريب الرياضى بهدف زيادة كفاءة العضلة للتخلص من حامض اللاكتيك واى طرق التدريب يمكن استخدامها لتحقيق هذا الهدف ؟ وعمــوما ليس من الصعب افتراض ان التــدريب الرياضى ســوف يزيد

من معــدل التخلص من حامض اللاكتيك فى العضلة وبالاضافة الى ذلك فقد ثبت زيادة نشاط الأنزيمات المسئولة عن التمثيــل الغــذائى لحامض اللاكتيك فى العضلات والأعضاء الأخرى نتيجة التدريب الرياضى .

ويساعد الجهاز الدورى فى التخلص من حامض اللاكتيك نتيجة زيادة توصيل الدم الى العضلات العاملة عن طريق زيادة الدفع القلبى وكثافة الشعيرات الدموية وتوزيع سريان الدم الى العضلات العاملة وهذا يعمل على سريان الدم خلال العضلات لفترة زمنية معينة مما يسمح بزيادة انتشار اللاكتيك من العضلات الى الدم الذى يقوم بنقله الى القلب والكبد والعضلات الأخرى غير العاملة ، وقد دلت دراسة كل من كيول ودول وكيبلر ١٩٧٢ Keul, Doll and Keppler على ان الرياضيين أصحاب القلوب كبيرة الحجم تكون فرصتهم افضل فى ازالة حامض اللاكتيك من الدم نتيجة قيام الألياف العضلية للقلب باستهلاك هذا الحامض وبذلك يقل مستوى تركيز حامض اللاكتيــك فى الدم ، وعادة يزيد حجم القلب بواسطة التــدريب الرياضى وهــذا يؤكد اهميــة تدريبات التحمل العام للاعبى المسافات القصــيرة والسرعة . ويساعد ايضا نشاط انزيم Lactate dehydrogenase (L D H) فى التمثيل الغذائى لحامض اللاكتيك ولهذا فان اى زيادة لنشاط هذا الأنزيم يصحبها زيادة فى التخلص من اللاكتيك ، وهناك نوعان أساسيان من أشكال هــذا الأنزيم فى عضــلات الانســان احدهما فى العضلة (M-LDH) والثــانى فى القلب (H-LDH) فيقوم انزيم العضلة بتشكيل اللاكتيك من البيروفيك بينما يقوم انزيم القلب (H-LDH) بتنظيم التفاعل العكسى بتحويل اللاكتيك الى بيروفيك ، وهذا الأنزيم ينتشر فى الياف عضلة القلب كما تحتوى ايضا الألياف العضلية البطيئة على هذا الأنزيم بينما يوجد الأنزيم الخاص بالعضلة فى الياف العضلات الهيكلية ، ويجب ملاحظة أن هــذه الملاحظة تعتبر الى حــد ما نظريا حيث أنه من الممكن ان يقل نشاط أنزيم (H-LDH) نتيجة زيادة الحمضية . ولا توجد دلائل محــددة عن تأثير التدريب الرياضى على هــذا الأنزيم حيث سجلت احدى الدراسات نقص فى نشاط انزيم (LDH) بينما سجلت دراسة اخرى عدم حدوث تغيرات وقد سجلت دراســة جولينــك وسيمون ١٩٦٧ زيادة فى نشــاط أنزيم

(H–LDH) فى عضلة القلب لدى فئران التجارب بعـد تدريبهـا على التحمل فى السباحة لعدة اسابيع فى الوقت الذى لوحظ فيه نقص نشاط انزيم (M–LDH) فى العضلات الهيكلية ، وعموما فان امام الباحثين فى هذا الموضوع اجراء مزيد من الدراسات للتعرف على ما اذا كانت زيادة أنزيم (H–LDH) تؤدى الى زيادة ازالة حامض اللاكتيك ؟ اذا ما كان تدريب التحمل يؤدى الى هذه الزيادة لهذا الأنزيم ؟ اذا ما كانت الزيادة فى نشاط أنزيم (M–LDH) يصاحبها نقص فى نشاط انزيم (H–LDH) .

وقد تتأثر عملية ازالة حامض اللاكتيك ايضا بنشاط انزيم آخر يقوم بتنظيم نقـل حامض اللاكتيـك خارج العضـلات ويسمى هـذا الأنزيم Lactate Permease الا ان الدراسات ما زالت قليلة فى هذا المجال .

(جـ) زيادة تحمـل اللاكتيـك :

عندما يزيد تجمع اللاكتيـك فى العضلة وحدوث الحمضية Acidosis يشعر اللاعب بالالم وعند ذلك فان اللاعب المدرب على تحمل هـذا الالم يستطيع الاستمرار فى الاداء مع تحمل زيادة تجمع حامض اللاكتيك والاحتفاظ بمستوى عال من سرعة الاداء الحركى ، ويتم ذلك من خلال تحسن سعة المنظمات الحيـوية Buffering Capacity وزيادة تحمـل الالم وينعكس تحسن سعة المنظمات الحيوية فى المحافظة على مستوى PH ضـد زيادة الحمضية ، وقد دلت دراسات كثيرة على امكانية تحسن سـعة المنظمات الحيوية عن طريق التدريب الرياضى وتساعد قدرة اللاعب على تحمل الالم نتيجة زيادة اللاكتيك على الاحتفـاظ بمستوى عال من الأداء لفترة اطول ولم تذكر المراجع الفسيولوجية الكثير عن هذا العامل وتساعد على تنمية هذا العامل الدوافع التى يستخدمها المدرب لزيادة فاعلية اللاعبين على اداء مثل هذه التدريبات اللاهوائية .

٢/٣/٨/٣ – التحمـل الهـوائى للعضـلة :

يرتبط التحمـل الهوائى للعضلة بقدرتها على الاستمرار فى العمـل العضلى لأطول فترة ممكنة اعتمادا على انتاج الطاقة الهوائية وهذا بالطبع يعنى زيادة كفاءة العضلة فى استهلاك الأكسوجين وسوف يناقش التحمـل

الهوائى العام بصفة خاصة فى هذا الكتاب الا أننا هنا نذكر دور العضلة فى هذا الموضوع بصفة خاصة ، ومن الطبيعى أن الألياف العضلية البطيئة هى المسئولة عن الأداء العضلى لفترة طويلة واستهلاك الاكسوجين فى غضون ذلك ، وترجع كفاءة الالياف العضلية البطيئة فى التمثيل الغذائى الهوائى الى الاسباب التالية :

(أ) تحتوى على كمية كبيرة من الميوجلوبين وتزيد بمقدار ٢ — ٥ مرات اكثر من الألياف السريعة وهذا هو سبب لون هذه الألياف الأحمر .

(ب) زيادة الميتوكوندريا مع زيادة فى الأنزيمات المساعدة على التمثيل الغذائى الهوائى مما يقلل من تجمع حامض اللاكتيك نتيجة زيادة اكسدة حامض البيروفيك .

(ج) تحتوى الألياف البطيئة على عدد اكبر من الشعيرات الدموية المحيطة بكل ليفة مما يسمح بزيادة انتشار الأكسوجين وسرعة التخلص من فضلات التمثيل الغذائى .

(د) تحتوى الألياف البطيئة على دهون اكثر وزيادة فى الأنزيمات المساعدة على اكسدتها مما يقلل من الاعتماد على جليكوجين العضلة والمحافظة على مستواه .

٣/٨/٣/٣ — الحد الاقصى لاستهلاك الأكسوجين وعلاقته بالتحمل العضلى :

من المعروف أن الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين يعبر عن قدرة الجسم الهوائية وتقوم بهذه المسئولية ثلاثة اجهزة أساسية فى الجسم هى الجهاز التنفسى والجهاز الدورى والجهاز العضلى ، وبالرغم من أهمية عمل هذه الأجهزة وتعاونها الا ان أهمها هو الجهاز العضلى حيث يمكن اعتباره العامل المحدد لكفاءة الانسان الهوائية . فالجهاز التنفسى يقوم بامداد الجهاز الدورى بكمية أوكسوجين أكبر من التى يقوم بنقلها الجهاز الدورى الى العضلات وذلك حتى فى حالة الحمل البدنى المرتفع الشدة فالانسان يستنشق اكثر من نصف الاكسوجين الذى يخرجه فى الزفير

ولذا فان السعة الحيوية أو عدد الحويصلات الهوائيــة لا يعتبران عاملا معوقا لاستهلاك الأكسوجين ، ويقوم الجهاز الدورى بنقــل الاكسوجين الى العضــلات التى لا تستطيع استهلاك كل الأكسوجين الوارد اليهــا حتى عند اداء أقصى شدة ولذا فان العضلات تعتبر هى العامل المحــدد للكفاءة الهوائية وليس عملية نقل الأكسوجين الى العضلات ، وبناء على ذلك فان تنمية التحمل العضلى تحتاج دائما الى استخدام نفس نوع النشــاط الرياضى التخصصى الذى يضمن العمل لنفس الألياف العضلية المستخدمة بينما تستخدم تدريبــات التحمل العــام لتنمية كفاءة الجهــازان الدورى والتنفسى .

ويعتمد التحمل الهوائى للألياف العضلية على قدرتهــا فى استهلاك الأكسوجين وهذا يعتمد فى المقام الأول على زيادة محتوى الليفة العضلية من الميوجلوبين والميتوكوندريا وانزيمات الطاقة الهوائية وزيادة الشعيرات الدموية وهذه التغيرات الفسيولوجية هى المسئولة عن زيادة كفاءة العضلة فى استهلاك الأكسوجين وانتاج الطاقة الهوائية ، وهذا يســاعد العضلة على العمــل لفترة طويلة وتحمــل التعب .

ويرتبط زيادة الشــعيرات الدموية بتدريبات التحمــل وهناك رأيان متعارضان حول سبب زيادة الشعيرات الدموية ، حيث يقول الرأى الأول ان زيادة الشعيرات الدموية ليس الا زيادة فى تفتح شعيرات موجودة أصلا وليست جديدة ولكنها لم تكن تقوم بوظائفها من قبل ، ويرجع ســبب هذا الاعتقاد الى أن بعض الباحثين لم يجدوا زيادة فى عدد الشعيرات الدموية نتيجة للتدريب الرياضى، وقد يرجع ذلك الى طرق حساب الشعيرات الدموية حيث أن زيادة حجم الليفة العضلى يخفى حقيقــة زيادة عدد الشعيرات نتيجة عد الشعيرات فى مساحة معينة من العضلة التى زاد حجمها، وبالتالى فقد يحــدث أحيانا العكس بأن تبدو الشــعيرات وكأن عددها قد نقص الا أن كثير من الباحثين قد لاحظ زيادة فى عدد الشعيرات الدموية نتيجة للتدريب الرياضى أمثال كل من :

(Tittel etal., 1960 ; Carrow ; Browan and Van Huss, 1967).

وبصفة عامة فان العامل الأهم هنـــا هو زيادة انتشار الأكسوجين وتوصيله الى العضلات العاملة سواء كان ذلك بسبب تكوين شـــعيرات جديدة او تفتح شعيرات كانت موجودة اصلا .

ويقوم الميوجلوبين باســـتقبال الاكســـوجين الوارد الى العضـــلات بعد انتشـــاره من خلال جدار الليفة العضلية لتوصيله الى الميتوكوندريا مارا بالساركوبلازم ، ويقوم الاكسوجين فى الميتوكوندريا بأكسدة البيروفيك عن طريق دائرة كربس ونظام النقل الألكترونى (وسوف نتناولهما بالتفصيل فى فصل الطاقة) لذا فان زيادة الميوجلوبين والميتوكوندريا لهما تأثيرهما على زيادة التحمل الهوائى لليفة العضلية ، ويؤدى التدريب الى زيادة عدد الميتوكوندريا وكذا الميوجلوبين وكذلك زيادة الأنزيمات المساعدة على التمثيل الغذائى مما يزيد كفاءة العضلة الفسيولوجية وقدرتها فى تحمـــل العمـــل العضلى لفترة طويلة .

الفصل الرابع

٤ - الـــدم

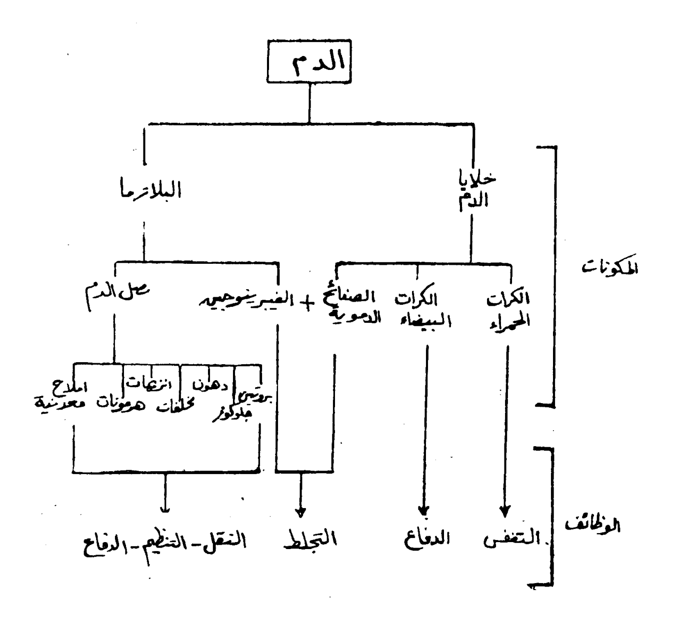
٤ ـ الـــــدم

١/٤ ـ مقـــدمة :

يعتبر الدم مكونا اساسيا فى تشكيل بيئة الجسم الداخلية الى جانب سائل ما بين الأنسجة والليف ، وهو المسئول عن توفير البيئة الداخليـة الملائمة لحيـاة انسجة الجسم بفضل عمليات التبادل التى تتم بينه وبين سائل ما بين الأنسجة حتى تبقى الخـلايا فى وسط كيمائى ثابت نسبيا ، ويقوم الدم بكثير من الوظائف الحيوية الهامة ويساعده على قيامه بهـذه الوظائف طبيعـة تكوينه وخصائصه المميزة ، كما تساعد عمليـة انتقاله من مكان الى آخر فى الجسم على القيام بدور التوصيل والنقل بين خـلايا الجسم المختلفة وبعضها بالرغم من بعد المسافات بينها ، ويقوم كل مكون من مكونات الدم بوظيفة معينة تكتمل جميعها فى الوظائف العامة للدم .

٢/٤ ـ حجم الدم :

يبلغ حجم الدم عادة حوالى ٥ ـ ٦ لتر وهو يشكل نسبة حوالى ٩٪ من وزن الجسم ، وعادة ما ينسب حجم الدم الى وزن الجسم (ملليلتر/كجم) وهـو ما يطلق عليـه الحجـم النسبى والذى يبلغ فى الرجال حـوالى ٧٥ ملليلتر/كجم ، وفى السيدات ٦٥ ملليلتر/كجم وللأطفال ٦٠ ملليلتر/كجم ويختلف حجم الدم فى الدورة الدموية فى الراحة عنه فى حالة أثناء اداء النشاط البدنى، حيث يمكن أن يحتجز فىالطحال والكبد وأوعية الجلد والرئتين حوالى ٤٠ ـ ٥٠٪ من حجم الدم الكلى ، ويشترك هذا الدم فى الدورة الدموية بنـاء على عدة عوامل أهمها نقص الاكسوجين فى الجسم والذى يحـدث نتيجة عـدة أسباب مختلفة منها النشاط البدنى والنزيف وهبوط الضغط الجوى وغيرها ، ومن الخطورة على حيـاة الانسان أن يقـل حجم الدم فى الجسم عن الثلث ، أما فى حالة فقد كمية قليلة (٢٠٠ ـ ٤٠٠ ملليلتر) فان ذلك لا يضير بل يفيد فى تنشيط تكوين الدم لدى الأصحاء .



(شكل رقم ٣٥)

مكونات الدم ووظائف الدم

٣/٤ — مكونات الدم :

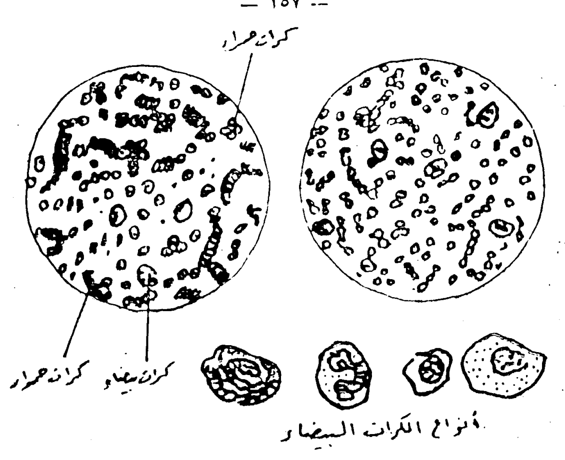
يتكون الدم من جزئين اساسيين أحدهما هو خلايا الدم (٤٠ — ٤٥٪) ويحتوى هذا الجزء على كرات الدم الحمراء والكرات البيضاء والصفائح الدموية ، والجزء الثانى هو البلازما (٦٠ — ٥٥ ٪) وهو الجزء السائل من الدم (شكل ٣٥) ؛ (شكل ٣٦) .

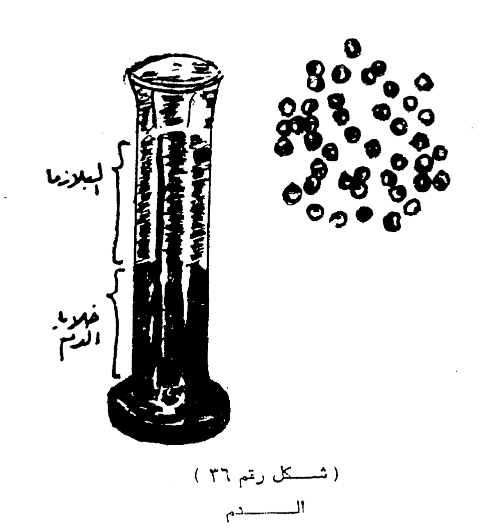
١/٣/٤ — كرات الدم الحمراء : Erythrocytes

هى عبارة عن خلايا بدون نواه لها شكل كروى قرصى ويبلغ قطرها ٧ — ٨ ميكرون وهى تتكون فى نخاع العظام وتتحلل فى الكبد والطحال ، ويحتوى المليمتر المكعب من الدم على ٥ مليون كرة حمراء للرجال و ٤٫٥ مليون كرة حمراء للسيدات .

وتقوم الكرات الحمراء بوظيفة نقل الغازات ويرجع ذلك الى طبيعة تركيبها حيث يشكل الهيموجلوبين حوالى ٩٠٪ من المواد المكونة للكرة الحمراء ، ويتميز الهيموجلوبين بقدرته على الاتحاد مع الأكسوجين فى شكل أوكسهيموجلوبين ، وتبلغ نسبة وزن الهيموجلوبين الى الدم لدى البالغين ١٤ — ١٥٪ أى حوالى ٧٠٠ — ٧٥٠ جرام ويبلغ متوسط تركيز الهيموجلوبين فى الدم ١٥ جرام لكل ١٠٠ ملليلتر من الدم ، ويحسب احيانا الهيموجلوبين بالنسبة المئوية حيث تعتبر كمية ١٧ جرام كنسبة ١٠٠٪ تنسب اليها نسبة التركيز وبذا فهى تتراوح ما بين ٧٠ — ١٠٠٪ ، وتتراوح نسبة تركيز الهيموجلوبين فى الرجال ما بين ١٢ — ١٨ جرام ، وللسيدات ١١ — ١٦ جرام ، وتزيد عن ذلك فى المواليد الجدد حيث تبلغ ١٦ — ١٩ جرام .

ويحمل الجرام الواحد من الهيموجلوبين فى المتوسط ١٫٣٤ ملليلتر اكسوجين وتتراوح هذه النسبة ما بين ١٫٣٣ — ١٫٣٦ ملليلتر لكل جرام هيموجلوبين، وبذلك فان سعة الدم الاكسوجينية تعنى مقدرة كل ١٠٠ ملليلتر من الدم على حمل للأكسوجين وهى ترتبط بتركيز الهيموجلوبين ، وبذلك فان سعة الدم الاكسوجينية تبلغ ٢٠ ملليلتر اكسوجين عندما يكون تركيز الهيموجلوبين ١٥ جرام٪ وقدرة الجرام من الهيموجلوبين تبلغ ١٫٣٤ ملليلتر اكسوجين .





(شـــكل رقم ٣٦)

الـــــدم

ويمكن ان تحدث تغيرات كمية فى كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين تحت تاثير العوامل البيئية الخارجيـــة مثل الضغط الجـــوى ، كما يلاحظ احيـــانا زيادة كرات الدم الحمـــراء وتركيز الهيموجلوبين لدى الرياضيين حوالى ٦ مليون/مم٣ وقد تزيد عن ٧ مليون/مم٣ فى المرتفعـــات بالاضافة الى عوامل اخرى لهـــا تاثيرها على عدد الكرات الحمراء مثـــل الجنس حيث تزيد فى الرجال عنها فى السيدات ، كما تزيد الكرات الحمراء اثنـــاء النشاط البدنى زيادة مؤقتة ترجع الى انقباض الطحال ، كما تؤثر بعض الامراض على زيادة عدد الكرات الحمراء مثل امراض الممرات الهوائيـــة للجهاز التنفسى وامرض لقلب ، كما تؤثر بعض الأمراض الاخرى على نقص عددها مثل امراض فقر الدم (الانيميا) .

وتتلخص وظائف كرات الدم الحمراء فى نقل الغازات وتنظيم تفاعل الدم . ويبلغ عمر كرة الدم الحمراء فى الانسان حوالى ١٢٠ يوما ثم تتحلل بعد ذلك فى الطحال ويعمل الجسم على تكوين كرات دموية جديدة .

٢/٣/٤ — كرات الدم البيضـــاء :

تعتبر كرات الدم البيضاء من الناحيـــة المورنولوجية والفسيولوجية خليـــة عادية من خـــلايا الجسم حيث تحتوى على النواة والبروتوبلازم ، وتتكون الكرات البيضاء فى الغدد الليمفاوية والطحال ونخاع العظام ويتراوح عددها من ٥ — ٦ آلاف كرة فى الملليمتر المكعب .

تنقسم الكرات البيضاء الى نوعين احـــدهما يحتوى على حبيبـــات فى البروتوبلازم Granules والنوع الآخـــر لا يحتـــوى على حبيبـــات Nongranules

وهناك ثلاثة انواع من الخلايا البيضاء المحببة تختلف تبعـــا لنوعية تفاعلها (تحتوى على صبغة اما حمضية او قلوية التفاعل) وهى ما ياتى :

(ا) الايزينوفيل : (Eosinophil) ويحتوى البرتوبلازم فيها عـــلى حبيبات كبيرة متســـــاوية الحجم وتفاعلها حمضى وصبغتها اما وردية او حمراء ، وتشـــــكل نســـــبة ٢ — ٤٪ من عدد الكرات البيضاء ، وتقوم

بامتصـــاص مولدات المضـــادات وهى تقل بدرجـــة ملحوظة عند تعرض الانسان لضغط عصبى اوبدنى .

(ب) البازوفيل : (Basophil) تحتوى على حبيبات مختلفة الاحجام وصبغتها زرقاء ، اى انها قلوية التفاعل وتشكل نسبة ٥ر٠ — ١٪ مـــن عدد الكرات البيضاء وتشـــترك فى بناء الهيبارين الذى يمنع تجلط الدم والهيستامين وله تاثيره على الاوعية الدموية .

(ج) النتروفيل : (Neutrophil)وتحتوى على حبيبات دقيقة ذات صبغة بنفســجية فاتحة وبذا فانها تحتوى على نوعى التفاعل الحمضى والقلوى وتشكل اكبر نسبة مئوية من عدد الكرات البيضاء كلها ، حيث تبلغ نسبتها ٦٠ — ٧٠٪ . وهى تعتبر خط الدفاع الاول للجسم ضد اى جسم غريب حيث تقوم بالتهامه وهضــمه ، وهى تتميز بقدرتها على الانتشـــار بين الانسجة والخروج من الاوعية الدموية .

اما الانواع غير المحببة من الكرات البيضاء فهى نوعان هما :

(أ) الليمفوسايت (Lymphocytes) وهى خلايا صغيرة الحجم وبهـــا نواة وتحاط بطبقة رقيقة من السيتوبلازم، وهى نوعان : احدهما يطلق عليه مجموعة T والآخر مجموعة B ، وتمثل نسبة ٢٥ — ٣٠٪ من الخلايا البيضاء فى الدم ، وتقوم بدور هام فى مناعة الجسم ضد الأمراض ، وتقوم بانتاج الأجسام المضادة .

(ب) المونوسايت (Monocytes) وهى خلايا كبيرة نسبيا ، وتمثل نسبة ٤ — ٨٪ من عددالكرات البيضاء . وتساعد النتروفيل فى التهــام مخلفات تحلل الخلايا والانســجة ، كما تقوم ببناء ســـموم مضادة للبؤر الالتهابية .

وتقوم الخلايا البيضاء فى الجسم بالوظيفة الدفاعية للدم ضد العدوى وذلك بقتلها الاجسام الغريبة ، اما عن طريق افراز مواد او التهامهـــا أو افراز الأجسام المضادة .

وتتميز بعض الأمراض ببعض التغيرات فى العدد الكلى للخـــلايا البيضاء واختلاف نسب انواعها وفى معظم الأمراض يزيد عدد الخـــلايا

البيضاء ، وتسمى هذه الظاهرة Lecocytosis ليكوسيتوسيس وفى بعض الأمراض الأخرى يقل عدد الكرات البيضاء ، وتسمى هذه الظاهرة ليكوبينيا Lecopenia ، وفى بعض الحالات تحدث زيادة وقتية فى عدد الكرات البيضاء بعد تناول الطعام او اثناء النشاط البدنى .

٣/٣/٤ — الصفائح الدموية :

وهى عبارة عن اجسام صغيرة يتراوح قطرها ٢ — ٥ ميكرون ، وليس لها نواة ، وتتكون فى نخاع العظام الأحمر وفى الطحال ، ويتراوح عددها ما بين ٢٠٠ الى ٦٠٠ الف فى المليمتر المكعب ، وتقوم بدور هام فى عمليات تجلط الدم عند الاصابة بالجروح والنزف فتساعد على التئام الجروح .

٤/٣/٤ — بلازما الدم :

تعتبر بلازما الدم هى الجزء السائل فى الدم وهى عبارة عن سائل بروتينى لزج يميل لونه الى الصفرة ، وتتكون البلازما من ٩٠ — ٩٢٪ من الماء ، بينما يشكل الجزء الباقى ٨ — ١٠٪ مواد عضوية وغير عضوية ، ويعد الجزء الاكبر من المواد العضوية هو البروتينات ، كما تحمل البلازما ايضا الجلوكوز والدهون والأحماض الدهنية ومخلفات الطاقة (البولينا وحامض اليوريك) وتحمل الانزيمات والهرمونات .

وتشكل المواد غير العضوية فى البلازما نسبة ٩ر٠ — ١٪ ، وهى تشمل أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم وغيرها ، ويتميز تركيز الأملاح فى البلازما بالثبات وتحمل البلازما ايضا مواد معدنية خاصة ، منها كلوريد الصوديوم الذى يلعب دورا هاما فى الحفاظ على الضغط الاسموزى ثابتا نسبيا ، وتحمل البلازما ايضا مواد خاصة تسمى الأجسام المضادة Antibodies وهذه الأجسام المضادة تقوم بدور دفاعى ، فالبعض منها يستطيع معادلة السموميات التى تفرزها البكتريا ، والبعض الآخر يبيد البكتريا وبعضها يلتصق بها ليحد من فاعليتها حتى القضاء عليها ، ويساعد تركيب البلازما فى الحفاظ على تفاعل الدم ثابتا نسبيا ، وتحتوى البلازما ايضا على هرمونات وفيتامينات وغازات ذائبة . وتقوم البلازما

بامداد الانسجة بجميع المواد الضرورية للعمليات الحيوية كما انها تستقبل مخلفات التمثيل الغذائى لتخلص الجسم منها .

٤/٣/٤/١ — بروتينات الدم :

تمثل بروتينات الدم الجزء الاكبر من المواد العضوية بالدم وهى الالبومين (٤ — ٥٪) والجلوبيولين (٢ — ٣٪) والفيبرينوجين (٢٠ر٠ — ٤ر٠٪) .

وتقوم بروتينات الدم بوظائف هامة حيث تساعد على تجلط الدم ، كما تشكل الأجسام المضادة ، وتشترك فى تفاعل الدم ، وتساعد على ثبات الضغط الاسموزى ، وتحتفظ بالماء بصفة ثابتة فى الدم والانسجة ، وتعطى للبلازما لزوجتها . وبفضل ذلك لا تترسب خلايا الدم فى الاوعية الدموية وتتوزع بطريقة متساوية فى البلازما . وتتكون بروتينات البلازما فى الكبد الا انها تتحلل فى نخاع العظام الاحمر والطحال والغدد الليمفاوية .

٤/٣/٤/٢ — سكر الجلوكوز :

توجد الكربوهيدرات فى بلازما الدم على شكل سكر الجلوكوز وهو الصورة المبسطة للمواد الكربوهيدراتية والتى تساعدها على النفاذ من الامعاء الدقيقة الى الدم ، وتحتوى بلازما الدم على ١ر٠٪ من الجلوكوز الا أن هذا المقدار لا يبقى ثابتا حيث ينتشر الجلوكوز بصورة مستمرة فى جميع أنسجة الجسم لامدادها بالطاقة اللازمة وتحتاج العضلات الى الجلوكوز بصفة دائمة وتزيد حاجتها عند العمل البدنى لفترة طويلة وبالرغم من ذلك فان الدم يحافظ على ثبات مستوى الجلوكوز دائما ما بين ٨٠ — ١٢٠ ملليجرام ٪ ، ويرجع ذلك الى امكانية تخزين الجلوكوز الزائد فى العضلات والكبد على شكل جليكوجين .

٤/٣/٤/٣ — مخلفات التمثيل الغذائى وحامض اللاكتيك :

خلافا للبروتين والكربوهيدرات فان بلازما الدم توجد بها مواد عضوية اخرى منها مخلفات التمثيل الغذائى للبروتين مثل (البولينا — حامض البوليك والكرياتين والنشادر) وكذلك مخلفات التمثيل الغذائى للكربوهيدرات مثل حامض اللاكتيك .

ويحتوى الدم اثناء الراحة على كمية قليلة من حامض اللاكتيك تبلغ فى المتوسط حوالى ١٥ ملليجرام ٪ ولكن تتضاعف هذه الكمية حوالى ٢٠ مرة وتبلغ حوالى ٣٠٠ ملليجرام ٪ عند اداء النشاط البدنى وخاصة جرى المسافات المتوسطة .

٤/٣/٤/٥ — الأحماض الأمينية :

تتحلل المواد البروتينية فى الأمعاء الدقيقة لتسرى فى الدم على شكل احماض امينية ليقوم بتوزيعها على جميع اجزاء الجسم ومنها يتم بنـــــاء بروتين الانسجة الخاصة بكل عضو فى الجسم .

٤/٣/٤/٦ — الأملاح المعدنية :

توجد الأملاح المعدنية من بين المواد غير العضـــوية فى بلازما الدم واكثرها ايونات الصــــــوديوم (تقريبا ٣٠٠ ملليجرام ٪) والكلور (٤٠٠ ملليجرام ٪) وتقل عن ذلك نسبة تركيز ايونات البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم ، وتقوم ايونات الكالسيوم بدور هـــام فى عمليات تجلط الدم فبدونها يحدث النزيف كما يختل عمل القلب ، هذا بالاضــــــافة الى دور الأملاح المعدنية فى الحفاظ على ثبات الضغط الأسموزى للبلازما ، وتشكل الأملاح المعدنية نسبة حوالى ٠٫٩٥٪ من الدم .

٤/٤ — وظائف الدم :

تتعدد وظائف الدم فى الجســـم حتى يصعب حصرها ، الا انه يمكن تقسيمها الى اربعة وظائف اساســــــية تتفرع من كل منها مجموعات من الوظائف الأخرى الفرعية ، وهى كما يلى :

٤/٤/١ — الوظيفة التنفسية :

يؤدى الدم وظيفته التنفسية من خلال عملية تبادل الغازات التى تتم على مرتين أحدهما بين الدم والحويصلات الهوائية لتخليص الدم من ثانى اكسيد الكربون وتحميله بالأكسوجين ، وثانيهما بين الدم والأنسجة لنقل الأكسوجين الى الانسجة وتخليصها من ثانى اكسيد الكربون .

٢/٤/٤ — وظيفة النقل :

يقوم الدم بنقل المواد الغذائية الى الخلايا (الجلوكوز — الاحماض الامينية — الدهون وغيرها) وبالتالى يقوم بنقل مخلفات التمثيل الغذائى الى اعضاء الاخراج للتخلص منها ، كما يقوم الدم بنقل الغازات حيث ينقل الاكسوجين من الرئتين الى الانسجة وينقل ثانى اكسيد الكربون من الانسجة الى الرئتين .

٣/٤/٤ — وظيفة التنظيم :

يقوم الدم بنقل الهرمونات وغيرها من المواد الفسيولوجية التى لها تأثيرها على مختلف اعضاء وانسجة الجسم ، كما يساعد الدم على الاحتفاظ باستقرار درجة حرارة الجسم عن طريق الانتقال من اعضاء الجسم المرتفعة الى الأجزاء الاخرى ، كما يساعد فى التخلص من الحرارة الزائدة عن طريق زيادة سريانه قرب سطح الجلد مما يسمح بخروج العرق وتلطيف درجة حرارة الجسم .

٤/٤/٤ — وظيفة الدفاع :

تقوم الكرات البيضاء بوظيفة الدفاع عن الجسم ضد الاجسام الغريبة والميكروبات .

وتعتبر عمليات المناعة هى الوظيفة الاساسية لكرات الدم البيضاء حيث تتكون اجسام المناعة او الاجسام المضادة فى الجسم خاصة عند الاصابة ببعض الامراض المعدية (الحصبة ، الجدرى وغيرها) وتبقى هذه الاجسام المضادة لعدة سنوات فى حالة نشطة ، وللكرات البيضاء خاصية الحركة الاميبية لادماج الاجسام المضادة فى الدم السارى والنفاذ خلال جدران الأوعية للوصول الى البؤر الالتهابية ، وتحتوى النتروفيل على كمية كبيرة من الانزيمات التى لها القدرة على التهام ميكروبات الأمراض ، كما تشترك ايضا الكرات البيضاء فى عمليات الشفاء بعد التهاب الأنسجة .

كما يعمل الدم ايضا على حماية الجسم ضد النزيف ، وهذه الوظيفة تتم بفضل خاصية الدم للتجلط ، ويحدث التجلط نتيجة تحويل بروتين

الفيبرونجين الذائب فى البلازما الى بروتين غير ذائب وهو الفيبرين الذى يشكل شبكة من الخيوط فوق الجروح وبذلك يمنع التجلط نزيف الدم .

٥/٤ — خصـائص الـدم

١/٥/٤ — لزوجة الدم وكثافته :

ترتبط لزوجـــة وكثافة الدم بقدر ما يحتويه من الكرات الحمـــراء والهيموجلوبين ومكونات البلازما البروتينية ، وبمقارنة الدم بالماء يلاحظ أن الدم أكثر كثافة من الماء (١٫٠٦٠ — ١٫٠٨٠) ، كما تزيد لزوجة الدم عن الماء (٣ — ٤ مرات) .

وخلال التسخين قبل اداء النشاط البدنى تقل لزوجة الدم ، وهـذا يسمح بسهولة سريانه فى الأوعية الدموية . الا ان استمرار العمل العضلى لفترة طويلة خاصة فى الجو الحار وعند زيادة العرق تزيد لزوجة الـدم نتيجة خروج العرق وكذا نتيجة انتقال جزء من سائل البلازما الى ســائل ما بين الخلايا ، ويعتبر هذا عاملا مســاعدا على سرعة التعب ولذا فان امداد اللاعبين بالماء على فترات خلال الأداء فى الجو الحار يساعد عـلى تقليل حدوث ذلك بالاضـــافة الى ســـهولة عملية التخلص من الحرارة الزائدة .

ويحتوى الدم على مواد عالقــة ترتبط بالكرات الحمراء وبروتينات البلازما ، وهذه المواد العالقة تترســب فى حالة عدم حركة الدم ، وهذه الظاهرة أصبحت تسمى « سرعة ترسيب كرات الدم الحمراء » وهى تكون لدى الرجال فى الأحوال العادية فى حدود ٤ — ٦ مم/ساعة ، والسيدات ٦ — ١٠ مم/ساعة ، وللحفاظ على النشاط الحيوى الطبيعى لخلايا الجسم فان مكونات الدم الطبيعية والكيمائية يجب أن تكون فى حالة ثابتة ، بمعنى الضغط الأسموزى ، التوازن الحمض قلوى ، مســـتوى الماء والأملاح ومكونات الدم البروتينية .

٢/٥/٤ — الضغط الأسموزى للدم :

يعنى الضغط الأسموزى أن المحلول الأكثر تركيزا يجذب اليه جزيئات المحلول الأقل تركيزا ، وتوجـــد فى بلازما وخلايا الدم مواد ذائبة كثيرة

ومختلفة ويعتبر أكثرها كثافة الأملاح المعدنية التى توجد فى البلازما وتشكل ضغطا مقابلا لمحتويات الخلية ، ويبقى الضغط عند مستوى ثابت دائما ، الا انه يمكن ان يرتفع قليلا عند اداء النشـــاط البدنى حينما تظهر فى الدم المواد المتخلفة عن انتاج الطاقة الا ان الضغط الأسموزى سرعان ما يعود الى المستوى الذى كان عليه بعد النشاط البدنى ، ولكن لماذا يجب أن يظل الضغط الاسموزى دائما عند مستوى ثابت ؟ ولنتخيل ان مخلفات الطاقة كثرت وزادت فى بلازما الدم بدرجة كبيرة مما يزيد من الضغط الأســـموزى لبلازما الدم نتيجة زيادة تركيز المواد الذائبة بها ولن يسمح غشـــاء خلايا الدم بدخول هذه المواد الى داخل الخلايا لانه غشاء نصف نفاذى ، بينما يمكن للماء دخول الخلايا وهنا يبدأ الضغط الاسموزى للبلازما فى جذب الماء بقوة من كرات الدم الحمراء والبيضاء مما يتسبب فى موتها ، وتقوم أعضاء الاخراج (الكلية والغدد العرقية) بدور رئيسى فى الحفاظ على مســـتوى الضغط الأسموزى للدم ثابتا حيث تساعد فى التخلص من مخلفات الطاقة بحيث لا تؤثر على الضغط الاسموزى .

٣/٥/٤ — الحفاظ على مستوى pH الدم :

يدل الرمز pH على درجة تركيز أيونات الهيدروجين فى اى ســـائل فاذا كان هذا السائل متعادلا ، اى ان ايونات الهيدروجين (H+)تتعادل مع أيونات الهيدروكسيل (OH—) اى ان هذا السائل غير حمضى او قلوى فان pH هذا السائل تصبح (٧) فاذا زادت درجـــة تركيز الهيدروجين (H+) فان السائل هنا يصبح حمضيا ويقل مستوى pHعن ٧ ، والعكس اذا زاد مستوى pH عن ٧ فان السائل يصبح قلويا أى تزيد فيه درجـــة تركيز أيونات الهيدروكسيل (OH—) ومســـتوى pH الدم الشريانى اثناء الراحة ٧ر٤ ويعنى هذا أن الدم يميل قليلا فى الاتجاه القلوى بينما يبلغ مستوى PH الدم الوريدى ٧ر٣٥ نظرا لزيادة محتـــواه من حامض الكربونيك ، ويســـاعد مستوى PH الدم (٧ر٣٥ — ٧ر٤) على قيام الجسم بالعمليات الوظيفية مثل الأكســـــدة والاستشفاء فى الخلية ، عمليات بنـــاء وتحلل البروتينات ، أكسدة الكربوهيدرات والدهون ، مقدرة الهيموجلوبين عـــلى نقل الأكسوجين الى الأنسجة ولذلك فان تغير مستوى PH الدم عن ذلك

يؤدى الى خلل كثير من العمليات الفسيولوجية والى وفاة الانسان اذا ما زادت PH عن الحدود الطبيعية ، حتى أن النشاط البدنى الذى يؤدى الى كثرة الاحماض فى الدم لا يغير pH الدم اكثر من ٧٫٢٩ — ٧٫٣٠ والسؤال الآن لماذا لم يتغير PH الدم بالرغم من زيادة الاحماض الناتجة عن النشاط البدنى ؟ يرجع الفضل فى ذلك الى ما يسمى بالمنظمات الحيوية للدم Buffers حيث تقوم هذه المنظمات الحيوية بالحفاظ على درجة تركيز أيونات الهيدروجين فى الدم فى حالة اضافة حامض او قلوى اليه وعادة يتكون المنظم الحيوى من حامض ضعيف وملحه او قلوى ضعيف وملحه ، وهذه المنظمات هى :

(أ) نظام حامض الكربونيك .

(ب) نظام الفوسفات .

(ج) نظام بروتينات البلازما .

(د) نظام الهيموجلوبين .

ويكون نظام الهيموجلوبين حوالى ٧٥٪ من المنظمات الحيوية للدم ، وتشكل المنظمات الحيوية جميعها الاحتياطى القلوى للجسم للحفاظ على توازن حمضية وقلوية الدم بالاضافة الى التنظيم العصبى الهرمونى لنشاط الكلى والغدد العرقية والجهازين التنفسى والهضمى لتخليص الجسم من مخلفات التمثيل الغذائى والحفاظ على مستوى PH الدم ثابتا

٤/٦ — فصائل الدم :

اصبح الآن من السهل نقل الدم من شخص الى آخر بعد اكتشاف فصائل الدم ، ويشترط عند القيام بنقل الدم فى الحالات الطارئة التى تتطلب ذلك أن يكون الدم المنقول ملائما مع فصيلة الدم للشخص الذى ينقل اليه ، ولذا فانه يتم فحص دم كلا الشخصين قبل عملية نقل الدم ، فاذا ما كانت فصيلة الدم المنقول لا تتلاءم مع فصيلة دم الشخص المنقول اليه فان الدم فى هذه الحالة يتخثر وتظهر أعراض خطيرة على الشخص المنقول اليه ربما تؤدى الى الوفاة .

وقد اكتشف ان هناك اربع فصائل اساسية للدم هى الفصيلة (A)، والفصيلة (B) والفصيلة (AB) والفصيلة (O) ويمكن نقل الدم للأشخاص الذين من فصائل (A) او (B) او (AB) بشرط ان يكون من نفس نوع فصيلة الدم ، فيما عدا فصيلة (AB) فانها تستقبل دم من جميع الفصائل الأخرى ، ولكنها لا تعطى الا الى نفس نوعها . اما بالنسبة للأشخاص من فصيلة (O) فانهم لا يستقبلون الا دم من نفس نوع فصيلتهم ولكنهم يعطون بأقى الفصائل الاخرى فى حالة الطوارىء .

٧/٤ — دورة الليمف :

يسمى السائل النسيجى الذى تمتصه الأوعية الليمفاوية « الليمف » وهو يشبه فى تركيبه الكيمائى بلازما الدم ، الا أنه يختلف عنها بأنه أقل احتواءا للبروتين (٤ — ٥٪) وبناء على ذلك فان كثافة ولزوجة اللمف اقل من البلازما ، ويحتوى الليمف على كرات الدم البيضاء وخاصة من نوع Lymphocytes والتى تصنع فى العقد الليمفاوية ولا توجد فى الليمف كرات دم حمراء .

ويلعب سائل الأنسجة « الليمف » دورا هاما فى عملية تبادل المواد بين خلايا الجسم والدم حيث يسير الدم داخل الأوعية الدموية ، بينما يقوم سائل الأنسجة بدور الوسيط الذى يحمل المواد من الخلايا الى الدم ومن الدم الى الخلايا ، وخلال هذه العملية يتم امتصاص جزء من سائل الأنسجة مرة ثانية فى الشعيرات الدموية ويسرى الجزء الباقى فى الأوعية الليمفاوية حتى يصل الى الأوعية الليمفاوية الرئيسية والتى تحمل الليمف من الجسم كله لتنقله الى الدورة الدموية مرة أخرى ، ويمرا الليمف وهو فى طريقه خلال شبكة الأوعية الليمفاوية بالعقد الليمفاوية والتى تقوم بترشيح الليمف من أى جراثيم حتى يصل الليمف الى القناة الصدرية أو القناة الليمفاوية اليمنى .

وتستقبل القناة الصدرية حوالى ١٢٠٠ — ١٦٠٠ ملليلتر ليمف

خلال ٢٤ ساعة وتصب القناة الصدرية فى الوريد حوالى ١ ملليلتر ليمف فى

وخلال العمل العضـــلى تزيد سرعة الليمف حيث تعمل الانقباضات الدقيقة وذلك خلال الراحة .

العضلية على سرعة حركة الليمف من الأطراف وتقل سرعة سريان الليمف بصفة عامة عن سرعة سريان الدم حيث تبلغ حوالى ٢٥٠ — ٣٠٠ مم/دقيقة فى الأوعية الكبيرة وتزيد هذه السرعة بعد تناول الطعام أو العمل العضلى كذلك يساعد التدليك على زيادة سرعة سريان الليمف وذلك يساعد على سرعة عمليات الاستشفاء فى الأنسجة .

٨/٤ — الدم والتدريب الرياضى

١/٨/٤ — تأثير التدريب الرياضى على الدم :

يؤدى التدريب الرياضى الى حـــدوث تغيرات فى الدم كما يحـــدث بالنسبة لأى جهاز من أجهزة الجسم الأخرى ، وهـــذه التغيرات نوعان ، منها ما هو مؤقت ، أى تغيرات تحدث بصفة مؤقتة كاستجابة لأداء النشاط البدنى ثم يعود الدم الى حالته فى وقت الراحة ، ومنها ما يتميز بالاستمرارية نسبيا ، وهى تغيرات تحدث فى الدم نتيجة للانتظام فى ممارســـة التدريب الرياضى لفترة معينة مما يؤدى الى تكيف الدم لأداء التدريب البدنى وتشمل هذه التغيرات زيادة حجم الدم وحجم الهيموجلوبين والكرات الحمراء .

ويوضح الجدول (رقم ٥) بعض مكونات الدم أثناء الراحة ، وكذلك بعد أداء الحمــــل البدنى الأقصى ، ويلاحظ الفـــرق بين الاناث والذكور والأشخاص المدربين وغير المدربين .

جـــــدول (٥)

بعض تغيرات الدم الناتجة عن الحمل البدنى والتدريب

خصائص الدم	الحـــالة	غير المدربين		المدربين	
		ذكور	اناث	ذكور	اناث
حجم الدم (لتر)	الراحة	٥ر٧	٤ر٣	٦ر٤	٤ر٨
	الحمل الأقصى	٥ر٥	٤ر٢	٦ر١	٤ر٧
حجم الهيموجلوبين	الراحة	١٠ر٥	٩ر٤	١١	١٠
(جرام/كجم)	الحمل الأقصى	بدون تغيير		بدون تغيير	
الكرات الحمـــراء	الراحـــة	٥ر٤	٤ر٦	بدون تغيير	
(مليون/مم٣)	الحمل الأقصى	٥ر٧	٤ر٨	بدون تغيير	
الكرات البيضـاء	الراحـــة	٧ر٠	٧ر٠	بدون تغيير	
(ألف/مم٣)	الحمل الأقصى	١٥	١٥	بدون تعير	
المجموع الكلى للكرات	الراحـــة	٣٠ر٨	١٩ر٨	٣٤ر٦	٢٢ر١
الحمراء (تريليون)	الحمل الأقصى	بدون تغيير		بدون تغيير	
تركيز الهيموجلوبين	الراحـــة	١٦	١٤	بدون تغيير	
(جـــرام ٪)	الحمل الأقصى	١٧ر٦	١٥ر٤	بدون تغيير	
الراسب الدموى	الراحـــة	٤٧	٤٢	بدون تغيير	
(٪)	الحمل الأقصى	٥٠	٤٥	بدون تغيير	
اللاكتيك فى الشرايين	الراحـــة	١٢	١٢	بدون تغيير	
والأوردة (ملجم ٪)	الحمل الأقصى				
	من الأقصى	٥٠	٥٠	١٨	١٨
	الحمل الأقصى	١٢٠	١٢٠	١٤٠	١٤٠

عن : لامب (١٩٧٨) Lamb D.R صفحة ٢١٥ — ٢١٦ .

ويلاحظ من الجدول زيادة حجم الدم الــكلى وحجم الهيموجلوبين فى الدم نتيجة لزيادة كل من خلايا الدم والبلازما ، بينما يلاحظ أنه لا يوجــد فرق بين المدربين وغير المدربين فى نسبة تركيز الهيموجلوبين وعدد كرات الدم الحمراء والبيضــــاء فى المليمتر المكعب ، ويمكن تفسير زيادة تركيز الدم الناتج كاستجابة لاداء النشــــاط البدنى كنتيجة لزيادة عدد الكرات الحمراء والكرات البيضاء وتركيز الهيموجلوبين بالنســبة لحجم معين من الدم ، حيث يفقد جزء كبير من ماء البلازما خلال النشاط البدنى نتيجــــة العرق أو نتيجة زيادة ضغط الدم فى الشعيرات الدموية مما يؤدى الى دفع ماء البلازما الى الانسجة العضلية مما يؤدى الى ظاهرة (انتفاخ العضلة) الذى يلاحظ دائما عند اداء تدريبات سريعة باســـــتخدام الأثقال ويلاحظ عودة العضلة الى حجمها الطبيعى خلال فترة قصـــــيرة من الراحة وهذا النقص فى ماء البلازما يؤدى بالتالى الى زيادة تركيز الخلايا وهذا له تأثيره على زيادة لزوجة الدم الى حوالى ٧٠٪ مما يزيد المقاومة الطرفية لسريان الدم فى الأوعية الدموية ويؤثر على دينامية الدم .

ويلاحظ تأثير الحمل البدنى على نســــبة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم فتزيد نسبته أثناء النشاط البدنى الذى يتطلب انتاج الطاقة فى غيــاب الأكسوجين (لا هوائى) وعند ذلك يلاحظ أن الشخص المدرب ينتج كمية أقل من حامض اللاكتيك أثناء الحمل البدنى الأقل من الأقصى نظرا لاستفادته من انتـــاج الطـــــاقة الهوائية ، بينما يختلف ذلك عند أداء الحمل البدنى الاقصى حيث ينتج الشخص المدرب كمية اكبر من حامض اللاكتيك نظرا لما يتوافر لديه من الجليكوجين المخزون فى العضلة أو بسبب قدرته على تحمل العمل بالرغم من زيادة حامض اللاكتيك فى العضــــلة والدم كما يؤثر على ذلك ايضا اسباب التكيف النفسى مع أداء الحمل البدنى .

وفى حالة زيادة نســــــبة حامض اللاكتيك فى الدم تتغير قيمة pH الدم وهذا يعنى اختلال توازن الدم الحمضى — القلوى فى اتجاه الحمضية الا أن استخدام الاحتياطى القلوى والمنظمات الحيوية فى الدم يقاوم هــذا التغير بصفة مســـــتمرة وتزيد كفاءة عمل هذه المنظمات لدى الرياضيين ؛ وفى بعض الأحيان يمكن أن تصل قيمة pH الدم الى (٦٫٩٥) ويرجــع

السبب فى ذلك الى زيادة نسبة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم من حوالى ٩ — ١٢ ملجم ٪ تقريبا اثناء الراحة الى حوالى ٢٥٠ ملجم ٪ فى حالة أداء الحمل البدنى المرتفع الشدة .

ويدل الفارق بين محتوى الاكسوجين فى الدم الشريانى والدم الوريدى على كمية الأكسوجين التى خرجت من الدم واستخدمتها الأنسجة ، ويزيد هذا الفرق بالتالى فى حالة نشاط العضلة وزيادة استهلاكها للاكسوجين، وعلى العكس من ذلك يزيد ثانى اكسيد الكربون فى الدم الوريدى عنه فى الدم الشريانى نتيجة لزيادة استهلاك الأكسوجين أثناء النشاط البدنى .

وفيما يلى نعرض تأثيرات التدريب الرياضى المختلفة على الدم سواء كانت هذه التأثيرات عبارة عن استجابات مؤقتة او تأثيرات تتميز بنوع من الثبات وهى ما يطلق عليها تكيف الدم تحت تأثير التدريب الرياضى .

٢/٨/٤ — تكيف الدم نتيجة التدريب الرياضى المنتظم :

فى ضوء الدراسات التى اجراها كل من استراند وروداهل Astrand and Rodahl اتضح أن حجم الدم والكرات الحمراء تزيد لدى الأشخاص المدربين بالمقارنة بالأشخاص غير المدربين ، وقد دلت العديد من الدراسات على ان نقص الهيموجلوبين فى الدم عن مستواه الطبيعى (١٢ — ١٨ جرام ٪ للرجال ، ١١ — ١٦ جرام ٪ للسيدات) يؤدى الى نقص استهلاك الأكسوجين الا ان زيادة الهيموجلوبين عن المستوى الطبيعى مازالت موضع خلاف من حيث تأثيرها على زيادة استهلاك الأكسوجين .

وقد دلت الدراسات التى اجريت عند مستوى سطح البحر أن مستوى الهيموجلوبين العادى يكفى لامداد العضلات بما تحتاج اليه من اكسوجين أثناء النشاط البدنى ويرجع فى ذلك الى أن زيادة الهيموجلوبين لا تؤدى الى زيادة الامداد بالاكسوجين نظرا لأن العضلات هى المسئولة الأساسية عن مقدار الأكسوجين المستهلك ويرتبط ذلك بقدرة العضلات على استخلاص الأكسوجين الوارد اليها مع الدم وبذا فان زيادة قدرة العضلات على استخلاص كمية اكبر من الأكسوجين اكثر فاعلية من زيادة

حجم الهيموجلوبين الذى يحمل اليها الاكسوجين ، حيث يمكن للعضلات أن تعوض نقص الهيموجلوبين بزيادة اســـتخلاص الاكسوجين . وقد دلت الدراسـات على أن زيادة الهيموجلوبين والكرات الحمراء عن المســتوى العادى عند التدريب فى المرتفعات تكون لتعويض نقص الضـغط الجزئى للاكسوجين فى الهواء الجوى ، وهذه الزيادة لها تأثيرها على مستوى الأداء الا أن تأثير ذلك عند التدريب فى مستوى سطح البحر على مستوى الأداء ما زال موضـــع البحث . وقد دلت نتائج دراسة اكبلوم ١٩٦٨ Ekblom على انخفاض نسبة تركيز الهيموجلوبين لدى لاعبى الجرى مسافات طويلة حيث بلغت ٣ر١٤ جرام ، بينما بلغت لغير الرياضيين ١٥ جرام ٪ . الا أننا يجب أن نفرق دائما بين مقدار الهيموجلوبين الكلى فى الدم وبين نسبة تركيز الهيموجلوبين فى ١٠٠ ملليلتر من الدم حيث أن زيادة أو نقص مقدار الهيموجلوبين الكلى هى العامل الهام ، وقد تحدث هذه الزيادة أو النقص دون أن تعطى الصورة الحقيقية من خلال نسبة تركيز الهيموجلوبين لأن هذه النسبة ترتبط بعامل زيادة حجم الدم الكلى والذى يتم عن طريق زيادة حجم الكرات الحمراء والبلازما ، فاذا ما تمت هذه الزيادة بصورة متوازية فان نسبة تركيز الهيموجلوبين تبقى كما هى لا تتغير فى الوقت الذى حدثت فيـه زيادة فعليـة فى حجم الهيموجلوبين الكلى بالدم ، وقد لاحظ اكبلوم وآخرون ١٩٧٢ زيادة فى حجم البلازما بدرجة أزيد نســـبيا من الكرات الحمراء تحت تأثير التدريب الرياضى ونتيجة لذلك تنخفض نســـبة تركيز الهيموجلوبين فى الدم نتيجة زيادة حجم البلازما بالنســـبة للهيموجلوبين وليس نتيجة لنقص الهيموجلوبين ، وبناء عليه فقد تظهر حالة تســـمى الانيميا الكاذبة False Anemia أو يطلق عليها أحيانا الانيميا الرياضية Sports Anemia ، الا أنه يجب عدم التسرع فى تشـــخيص هذه الحالة قبل التأكد من حدوث الزيادة الوظيفية لبلازما الدم بالنســـبة للـكرات الحمـــراء .

---

* ٣ر١٤ جرام ٪ يقصد بالعلامة المئوية هنا نسبة التركيز وليس نسبة مئوية بمعنى أن ٣ر١٤ جرام هيموجلوبين فى كل ١٠٠ ملليلتر دم .

وقد ركزت معظم الدراسات على تأثير التدريب الرياضى على كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين نظرا لاهميتها بالنسبة للتحمل بينما لم يتم التركيز على تأثير التدريب الرياضى المنتظم على الكرات البيضاء ، وقد يرجع ذلك لارتباط الكرات الحمراء والهيموجلوبين بعنصر التحمل نظرا لدورهما فى نقل الاكسوجين الى العضلات العاملة ، الا ان دور الكرات البيضاء لا يقل اهمية بالنسبة للرياضى نظرا لما تقوم به من دور هام فى مقاومة الأمراض والتى كثيرا ما يصاب بها اللاعب فى موسم المنافسة وبذا يفقد لياقته وينخفض بمستواه الرياضى ، وقد اهتمت دراسات قليلة بتأثير التدريب الرياضى المنتظم على الكرات البيضاء وعلى المناعة حيث قام ماتفينكو Matvinko ١٩٧٩ بدراسة تتبعية لمتغيرات مكونات الدم لدى افراد المنتخب القومى السوفيتى فى الفترة من ١٩٦٢ الى ١٩٧٤ ودلت نتائج الدراسات على زيادة الكرات الحمراء والهيموجلوبين خلال سنوات الاعداد الاولى ، ثم عدم تغيرها بعد ذلك ، بينما استمرت الزيادة بعد ذلك فى السنوات التالية بالنسبة لكرات الدم البيضاء لدى اللاعبين المتفوقين بينما حدث عكس ذلك بالنسبة لغير المتفوقين ، الا ان الزيادة أو النقص كانت دائما فى حدود العدد الطبيعى ، وقد لوحظت هذه الظاهرة فى دراسة فى البيئة المصرية قام بها أبو العلا وآخرون ١٩٨٤ على المنتخب القومى المصرى للمصارعة بهدف دراسة تأثير فترة الاعداد للمنافسة (٧ اسابيع) على تغيرات مكونات الدم حيث لم يلاحظ تغيرات فى تركيز الهيموجلوبين او الكرات الحمراء بينما لوحظ زيادة فى عدد الكرات البيضاء لدى اللاعبين الذين فازوا بمراكز متقدمة فى دورة البحر الأبيض المتوسط ١٩٨٣ بينما لوحظ انخفاض فى كرات الدم البيضاء لدى اللاعبين الذين لم يحققوا نتائج فى نفس هـذه الدورة .

وما زالت نتائج الدراسات متضاربة حول تأثير التدريب البدنى المنتظم على عدد الكرات البيضاء فقد ذكر كربوفنتش بناء على نتائج دراسة قام بها هاوكينس Hawkins ١٩٣٧ عن عدم تغير عدد الكرات البيضاء الا انه حدثت زيادة فى عدد الكرات الصغيرة من نوع النتروفيل والليمفوسايت .

ولا تقتصر تكيفات الدم على تلك التغيرات المرتبطة فقط بخلايا الدم

ولكن يشمل ذلك ايضا تغيرات ترتبط بخصائص الدم الاخرى ويعتبر حامض اللاكتيك من اهمها لارتباطه بالتعب العضلى حيث يتأثر مستوى حامض اللاكتيك فى الدم اثناء اداء النشاط البدنى بعاملين احدهما هو معدل انتاج حامض اللاكتيك فى العضلات ، والعامل الآخر هو معدل التخلص منه وأى زيادة أو نقص فى ذلك لهما تأثيرها على نسبة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم ، وعندما تبلغ هذه النسبة درجة معينة من التركيز تحدث حالة « الحمضية » Asidosis وينخفض معدل انتاج الطاقة اللاهوائية وبالتالى تنخفض سرعة الاداء الحركى وقوته ويزداد الشعور بالالم ، ولذا فان التدريب الرياضى يؤدى الى تقليل معدل انتاج حامض اللاكتيك فى العضلات عند اداء نفس الحمل البدنى كما يزيد سرعة التخلص من حامض اللاكتيك بالاضافة الى زيادة تحمل اللاعب الالم الناتج عن زيادة حامض اللاكتيك .

٣/٨/٤ — استجابات خلايا الدم لاداء التدريب الرياضى :

تحدث بعض التغيرات المؤقتة كاستجابة لاداء التدريب الرياضى وتختفى هذه التغيرات خلال فترة الراحة وهذه التغيرات تحدث فى مكونات الدم المختلفة مثل الكرات البيضاء والكرات الحمراء وكذلك محتويات البلازما المختلفة مثل سكر الجلوكوز فى الدم ومستوى درجة pH الدم وبالتالى نسبة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم بالاضافة الى نسبة تركيز الهيموجلوبين وكذلك حجم الدم السارى فى الدورة الدموية ، مع العلم ان جميع هذه التغيرات تعتبر تغيرات وقتية سرعان ما تختفى خلال فترة الراحة وفيما يلى أهم هذه التغيرات .

١/٣/٨/٤ — تغيرات كرات الدم البيضاء :

يؤدى النشاط الرياضى الى حدوث بعض التغيرات الكمية فى كرات الدم البيضاء وكذلك فى انواعها المختلفة وقد تبدو هذه التغيرات المؤقتة بشكل يشبه ما يحدث فى الحالات المرضية ، وتختلف درجة هذه التغيرات تبعا لنوعية الحمل البدنى من حيث الحجم والشدة ، وسبب هذه الزيادة الكلية لكرات الدم البيضاء يرجع الى خروج الدم اثناء النشاط البدنى من اعضاء تكوين الدم ومن أعضاء الجسم الداخلية التى يزيد فيها محتوى

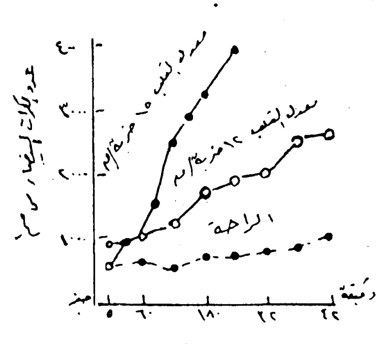
الدم عن الخلايا بالمقارنة بالدم الطرفى وتمر تغيرات زيادة نوعيات الكرات البيضـاء بثلاثة مراحل هى :

(ا) المرحلة الليمفوسـايتية Lympho•ytic phase

(ب) المرحلة النتروفيلية Neutrophilic phase

(جـ) مرحلة التسمم Intoxication phase

وترتبط هذه التغيرات الكمية بدرجة شدة الحمـــل البدنى ومستوى اللياقة البدنية للاعب (شكل ٣٧) .



(شـــكل رقم ٣٧)

زيادة كرات الدم البيضـاء الوظيفية

زيادة عدد كرات الدم فى الدم اثناء حمل منخفض الشدة ومعتدل الشدة عند معدل القلب ١٢٠ ، ١٥٠ ضربة/ق

(عن : البروت ١٩٧٤)

(ا) المرحلة الليمفوسايتية :

تتميز هذه المرحلة بزيادة غير كبيرة للكرات البيضـاء (من ١ آلاف الى ١٢ الف فى مم٣) وتلاحظ هـــذه الزيادة نتيجة زيادة الكرات البيضـــاء من نوع الليمفوسـايت ، وهى تلاحظ بعد مرور ١٠ دقائق من بداية النشـاط البــــدنى .

(ب) المرحلة الثانية — النتروفيلية :

وتتميز بزيادة عدد الكرات البيضاء حتى تصل الى ١٦ — ١٨ الف فى مم٢ وذلك نتيجة زيادة الخلايا النتروفيلية والتى يظهر من بينها خـلايا ما زالت صغيرة ، وفى نفس الوقت تقل الخلايا الايزونوفيل والليمفوسايت ، وتظهر هذه المرحلة بوضوح بعد ابتداء العمل العضلى ذو الشدة المرتفعة بساعة الى ساعتين .

(جـ) المرحلة الثالثة — مرحلة التسمم :

تتميز هـذه المرحلة بزيادة كبيرة جـدا فى عدد كرات الدم البيضاء حتى تصل الى ٣٠ — ٥٠ الف فى ١ مم٢ وتزيد كمية الكرات الصغيرة ويقـل عدد الخلايا الليمفوسايت ، وتختفى الخلايا الايزونوفيل وتظهر هذه المرحلة بعد النشاط العضلى ذو الشدة المرتفعة لفترة طويلة ، وظهور هذه المرحلة الثالثة يدل على وصول اللاعب الى الاجهاد .

٢/٣/٨/٤ — تغـيرات كرات الدم الحمراء :

وهناك ثلاثة انواع لتغيرات كرات الدم الحمراء تظهر استجابة لأداء الحمـل البـدنى كما يلى :

النـوع الأول :

يلاحظ فى هذا النوع زيادة كرات الدم الحمراء نتيجة النشاط العضلى بحيث تصبح ٥ر٥ — ٦ مليون فى ١ مم٢ وفى نفس الوقت لا تتغـير النسبة المئوية للهيموجلوبين وبدون تغيير « دليل اللون » . ولا يزيد عند ذلك نشاط أنزيمات الدم او كمية الكرات الدموية الشبكية وهـذه المؤشرات تحتـاج

C. I. دليـل اللون =

تركيز الهيموجلوبين × ١٠٠٪ .	:	تركيز الكرات الحمراء × ١٠٠
١٦ر٦ (تركيز الهيموجلوبين العادى)		٥٠٠٠٠٠٠ر

وتقترب دائما نتيجة دليـل اللون للأصـحاء من الواحـد الصحيح وذلك فى حالة الراحة

لعدة ساعات حتى تعود الى المستوى الذى كانت عليه قبل الحمل البدنى ، وهذا النوع من تغيرات الدم يلاحظ بعد النشاط البدنى ذو الشدة العالية فى فترة زمنية قصيرة .

النــوع الثـــانى :

يتميز هذا النوع بزيادة نشاط الاعضاء المسئولة عن تكوين خلايا الدم ويدل على ذلك زيادة تركيز كرات الدم الحمراء من النوع الشبكى فى الدم وفى نفس الوقت تقل بدرجـــة بسيطة كرات الدم الحمراء مع زيادة كبيرة فى انخفاض نسبة الهيموجلوبين ، وتقل « المؤشرات الملونة » كما يزيد نشاط انزيمات الدم ويمكن ان يعود الدم لحالته الطبيعية بعد هذا النوع من التغيرات خلال يومين ويلاحظ هذا النوع من التغيرات عادة بعـــد العمل العضلى المرتفع الشـــدة ولفترة طويلة .

النــوع الثـــالث :

يحدث هـــذا النوع من التغـــيرات مصاحبا لبعض الأنشطة البدنية ذات الحمـــل المرتفع جـــدا لفترة طويلة (سباقات الدراجات التى تستمر عدة أيام) حيث تهبط وظائف اعضاء تكوين الدم ، وبناء على ذلك يقل عدد كرات الدم الحمراء بدرجة كبيرة وكذلك يقل محتوى الدم من الهيموجلوبين وتنخفض المؤشرات الملونة للدم . ويلاحظ انخفاض انشطة انزيمات الأكسدة للاستشفاء ، ويمكن ان تستمر فترة الاستشفاء الى ٦ ايام ، وهذا النوع من التغيرات يدل على زيادة حالة التعب .

٣/٣/٨/٤ — تغيرات الصفائح الدموية :

ويلاحظ كذلك عند العمـــل العضلى زيادة فى عدد الصفائح الدموية حتى تبلغ ضعفها وقت الراحة خلال عدة ساعات بعد اداء الحمل البدنى وهذه الزيادة فى الصفائح الدموية المرتبطة بالنشاط البدنى تقوى من قابلية الدم للتجلط والتى تعتبر الى جانب زيادة الكرات البيضاء رد فعل دفاعى للجسم وتزداد اهمية زيادة الصفائح الدموية خلال النشاط البدنى لارتباطها بخطورة النزيف .

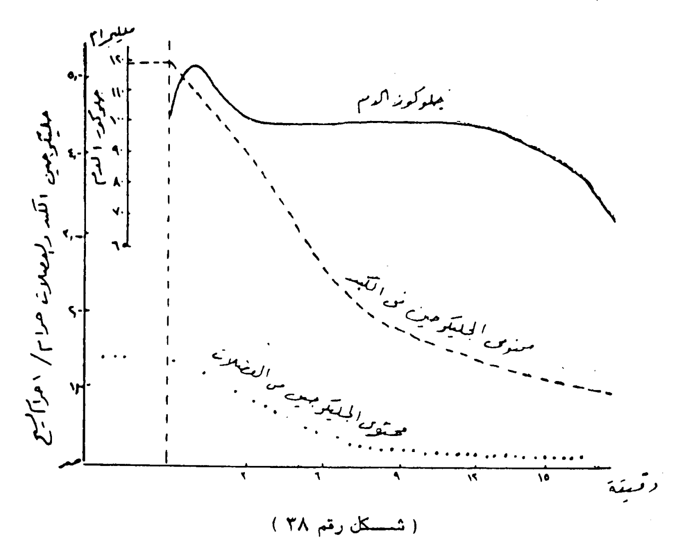
٤/٨/٤ — استجابات بعض خصائص الدم للتدريب الرياضى :

يؤدى التدريب الرياضى الى حدوث بعض التغيرات المؤقتة لخصائص الدم حيث تقل درجة لزوجة الدم أثناء الاحماء نتيجة زيادة الحرارة ويزيد حجم الدم السارى فى الدورة الدموية نتيجة خروج الدم المخزون فى الكبد والطحال ، وعند التدريب فى الجو الحار ومع زيادة افراز العرق يقل حجم الدم نتيجة خروج ماء البلازما مع العرق وبالتالى تزداد كثافة الدم ولزوجته وتركيزه ، كما تتغير درجة التوازن الحمضى القلوى تغيرات طفيفة سرعان ما تعود الى مستواها مرة أخرى ويزيد تركيز حامض اللاكتيك نتيجة مخلفات التمثيل الغذائى اللاهوائى للجليكوجين ، ومن الطبيعى أن عمليات التدريب الرياضى تحسن من استجابات الجسم وبالتالى استجابات الدم ويظهر ذلك فى اتجاهين أحدهما الاقتصاد فى حدوث هذه التغيرات ، وثانيهما تحمل الأداء الرياضى بالرغم من حدوث تلك التغيرات وفيما يلى بعض هذه التغيرات المصاحبة للتدريب الرياضى واداء الحمل البدنى .

١/٤/٨/٤ — تأثير النشاط البدنى على مستوى سكر الدم :

تعتبر احدى خصائص الدم الهامة هى المحافظة على مستوى سكر الجلوكوز ثابتا بقدر الامكان (٨٠ — ١٢٠ ملليجرام٪) وهـذا له اهمية بالنسبة لحاجة الجهـاز العصبى الأساسية لسكر الجلوكوز وحساسيته لأى نقص فيه عن المستوى الطبيعى ، ومن المعروف أن النشاط الرياضى لفترة طويلة يتطلب قدرا كبيرا من السعرات الحرارية اللازمة لانتاج الطاقة اعتمادا على الكربوهيدرات كمصدر أساسى لها حيث يتحول الجليكوجين فى العضلات الى سـكر الجلوكوز ثم يمـد العضـلات بالطاقة المطلوبة الى أن تنقص كميته بالعضلات ، وعند ذلك يقوم الكبد بامداد العضـلات بالجلوكوز عن طريق الدم ولكن عندما يقل انتاج الكبد للجلوكوز فان نسبة الاعتماد على الدهون تزداد تدريجيا وهذا يساعد فى حماية مستوى السكر فى الدم ، الا أنه فى بعض الأحيان تحدث تغيرات فى مستوى السكر فى الدم ترجع الى نوعية النشاط البـدنى نفسه وشدته وفترة استمراره فمثـلا لا تؤدى الأنشطة البدنية ذات الشـدة المتوسطة الى حدوث أى تغيرات

ملاحظة زيادة فى سكر الدم ، واذا ما استمر العمل العضلى بشدته العالية ملحوظة فى سكر الدم ولكن عندما تزداد شدة الحمل البدنى فانه يمكن لفترة من ٣٠ — ٤٠ دقيقة (شكل ٣٨) ، وفى حالة اداء النشاط البدنى تحت الضغط النفسى فان نسبة السكر فى الدم تزيد ايضا ولذا يلاحظ زيادة السكر فى الدم بعد المنافسة عنه بعد التدريب ، وقد تصل زيادة السكر فى الدم الى ٢٢٠ ملليجرام٪ .



(شكل رقم ٣٨)

تغيرات مستوى الجلوكوز فى الدم والجليكوجين فى الكبد والعضلات الهيكلية اثناء العمل العضلى لفترة طويلة

(عن : كوتس ١٩٨٢ Kots)

وقد يحدث نقص فى مستوى سكر الدم فى بعض الحالات عند الاستمرار فى العمل العضلى لفترة طويلة (ثلاث ساعات) وهنا تزداد نسبة الاعتماد على الدهون كمصدر للطاقة . وفى دراسة اجريت على متسابقى المسافات

الطويلة لوحظ عـــدم تغير مستوى السكر لدى الفائز الاول بينما سجلت اربع حالات انخفض فيها مستوى السكر بدرجة كبيرة منهـــا ثلاثة افراد اصيبوا بالاجهاد الشديد حيث بلغ مستوى السكر لديهم ٥٠ — ٤٩ — ٤٧ ملليجرام٪ بينما اصيب اللاعب الرابع بحالة اغماء من شدة الاجهاد وبلغ مستوى السكر فى الدم لديه ٤٥ ملليجرام٪ Hypoglycaemia ، وفى العام التـــالى تم امداد هؤلاء اللاعبين بوجبـــات غذائيـــة غنية بالكربوهيدرات مع تناولهم للشاى المزود بكمية كبيرة من السكر قبل الاشتراك فى المنافسة وقد ادى ذلك الى المحافظة على مستوى السكر فى الدم بعد المنافسة .

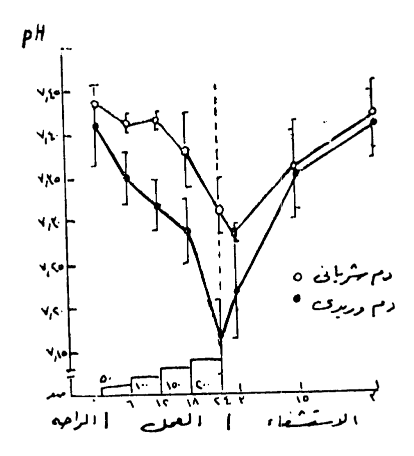
وتشترك فى عملية الحفاظ على مستوى السكر فى الدم بعض اعضاء الجسم الاخـــرى كالكبد وكذلك بعض الغـــدد الصماء مثـــل البنكرياس والغـــدة فوق الكلية . وعندما يبدأ العمل العضلى تفرز الغدة فوق الكلية كمية كبيرة من هرمون الادرينـــالين وتحت تأثيره ينشـــطر جليكوجين الكبد ليتحـــول الى جلوكوز ويخرج الى الدم ولذلك يزيد محتـــوى الجلوكوز فى الدم اثناء النشاط الرياضى اكثر منه فى الراحة الا ان ذلك يحدث عندما يكون النشاط البدنى لفترة قصيرة ، ولكن عند النشاط البدنى لفترة طويلة وعدم كفاية الغـــذاء فان محتوى الجلوكوز فى الدم يمكن ان يقل بدرجة كبيرة ويصبح مستواه فى الدم اقل من المستوى الفسيولوجى العـــادى وعند ذلك تهبط كفاءة الرياضى وعادة ينتهى الاداء ويشعر اللاعب بالجوع الشديد ، ولتجنب حدوث ذلك خلال المنافسات لفترة طويلة يتناول اللاعبون غذاءهم على شكل سوائل، ويحذر تناول الجلوكوز النقى حيث ان تاثير ذلك ليس جيدا بالنسبة لنشاط القلب ويفضل ان يؤخـــذ الجلوكوز بعـــد مزجه بأملاح الصوديوم فى شكل محلول ، ويستعيد الجسم مخزونه من الجليكوجين والجلوكوز بتناول المواد الكربوهيدراتية بعـــد النشاط البدنى حيث يقوم هرمون الانسولين بتحويل ســـكر الجلوكوز الى جليكوجين لتخزينـــه فى العضـــلات والكبد وبذلك فان التمثيل الغذائى للكربوهيدرات يتم بمساعدة هرمونى الادرينالين والانسولين حيث يقوم الادرينالين باستدعاء انشطار الجليكوجين فى الكبد لتحويله الى جلوكوز ويخرج الجلوكوز ليسرى فى الدم اثناء النشاط البدنى وكذلك قبل المنافسة فى حالة الاستثارة الانفعالية ، ويقوم الانسولين بتكوين الجليكوجين فى الكبد خلال الراحة وبعد وجبة غذائية غنية بالكربوهيدرات .

٢/٤/٨/٤ — تأثير النشـــاط البـــدنى على توازن الدم الحمضى القـــلوى :

يعتبر حامض اللاكتيك هو الصـــورة النهائية لاستهلاك الجليكوجين اللاهوائى (بدون الأكسـوجين) وهو يوجد فى الدم فى حالة الراحة بنسبة لا تزيد عن ١٠ ملليجرام٪ (حوالى ١ مللى مول/لتر) الا أن هـــذه النسبة تزيد عند اداء الأنشطة الرياضية ذات الشدة العالية وهذه الزيادة بدورها لهـــا تأثيرها على درجـــة توازن الدم بين الحمضية والقلوية (PH الدم) وحيث ان من خصائص الدم الهامة هو الحفاظ على مستوى PH ثابتا بقدر الامكان لذا فان نسبة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم تتأثر بعاملين اولهما سرعة خروج اللاكتيك من العضـــلات الى الدم اى كمية حامض اللاكتيك التى تتجمع فى الدم خلال وحدة قياس زمنية، والعامل الثانى هو سرعة ازالة حامض اللاكتيك من الدم ، وبصفة عامة فان سرعة خروج اللاكتيك الى الدم ترتبط بمقدار تكوين اللاكتيك فى جميع خلايا الجسم خلال وحدة زمنية معينة وكذا سرعة انتشاره من داخـــل الخلايا الى الدم وبالنسبة لازالة حامض اللاكتيك فان الكبد والقلب والعضـــلات تساهم فى ذلك حيث يقوم الكبد بتحويله الى جليكوجين عن طـــريق عمليات الأكســـدة بينما يقـــوم القلب والعضلات الأخرى باستهلاكه كمصدر للطاقة الهوائية .

ويزيد انتاج اللاكتيك فى بداية اى نشاط بدنى بصرف النظر عن شدة هذا النشاط فى العضلات العاملة ، ويرجع سبب ذلك الى بطء عمليات انتاج الطاقة الهوائية وعـــدم كفاية توصيل الأكسوجين الى العضلات العاملة بالقدر الذى تتطلبه وبذلك تقوم هـــذه العضـــلات باستهلاك الجليكوجين بدون وجود الأكســـوجين مما يتسبب فى زيادة تكوين حامض اللاكتيـــك وعند زيادته فى العضلات يخرج الى الدم وهذا يؤدى الى انخفاض مقدار PH الدم (شكل ٣٩) حيث توجد علاقة سالبة بين زيادة حامض اللاكتيك وانخفاض مستوى PH الدم . وتتوقف كميـــة اللاكتيـــك التى تنتجهـــا العضلات على ثلاثة عوامل هى :

(١) شـــدة الحمل البـــدنى .

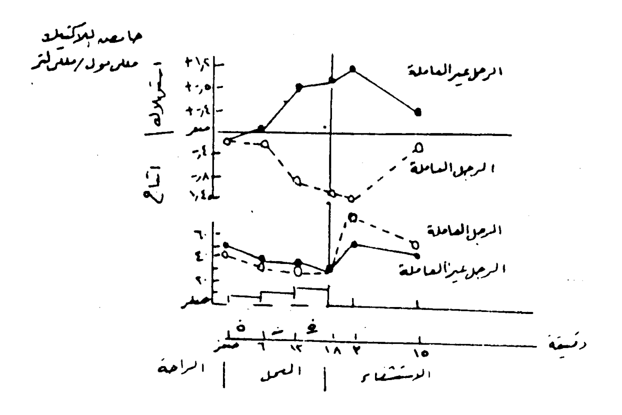


(شـــكل رقم ٣٩)
تغيرات PH الدم الشريانى والوريدى (الوريد الفخذى)
أثناء العمل على الأرجوميتر مع زيادة شدة الحمل
من ٥٠ الى ٢٠٠ مرة وخلال فترات الاستشفاء
(عن : كوتس ١٩٨٢ Kots)

(ب) حجم الحمـــل البـــدنى.

(جـ) حجم العضـــلات العاملة .

فاذا كانت شدة الحمـــل البدنى متوسطة تبلغ حوالى ٥٠ ـــ ٦٠٪ من القدرة الهوائية القصوى فان تركيز حامض اللاكتيك ينخفض بعد زيادته الأولى فى بداية النشاط أثنـــاء فترة التهيئة الفسيولوجية للحمـــل البدنى واذا استمر العمل العضلى لفترة طويلة بهذه الشدة المتوسطة فان زيادة تركيز اللاكتيك تظل فى الانخفاض حتى تصل الى المستوى الذى كانت عليه وقت الراحة ، ويدل انخفاض تركيز اللاكتيك أثناء استمرار العمل العضلى على أن سرعة انتاج اللاكتيك أقل من سرعة التخلص منه عن طريق الكبد والقلب والعضلات الأخرى (شكل ٤٠) .

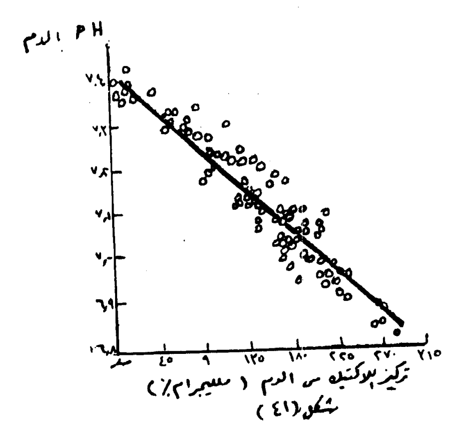


(شــكل رقم ٤٠)
انتاج اللاكتيك واستهلاكه فى العضلات العاملة
(عن : كوتس ١٩٨٢ Kots)

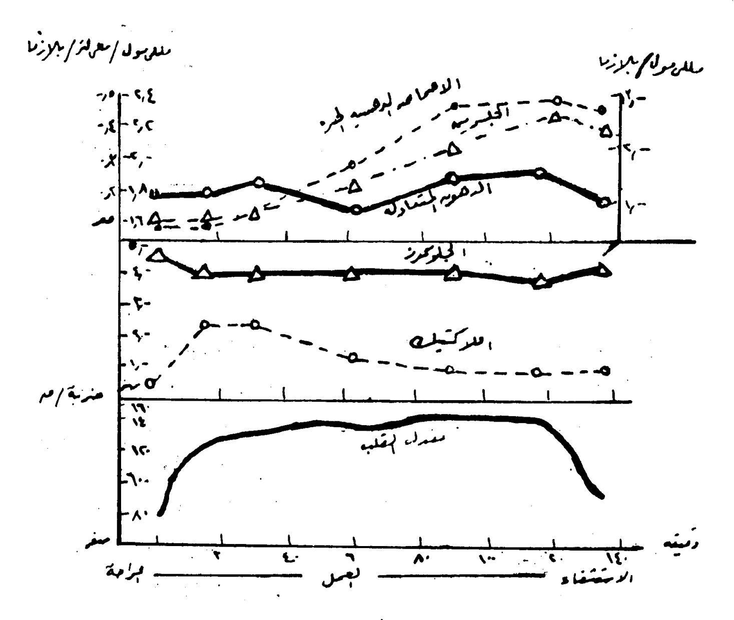
وعندما تكون شدة الحمل مرتفعة فان مستوى تركيز حامض اللاكتيك فى الدم يزيد عن مســتواه اثناء الراحة وتستمر هــذه الزيادة كلما زادت شدة الحمل البدنى ويبلغ تركيز اللاكتيك اقصى مستوى له عنــد استمرار الحمل البدنى الاقصى لفترة تتراوح ما بين ١ — ٣ دقائق وتبلغ أقصى كمية لتركيز حامض اللاكتيك فى الدم الشريانى لدى الذكور غير المدربين ولدى السيدات ١٠٠ — ١٥٠ ملليجرام٪ (١٥ مللى مول/لتر) وبناء على ذلك فان درجة PH الدم الشريانى تنخفض من ٤ر٧ الى ٢ر٧ الا انها لا تبلغ هذا المستوى لدى الأطفال او كبار السن ومن الطبيعى أن الحـــد الاقصى لتركيز حامض اللاكتيك يزيد اولا فى العضلات ثم بعـــد ذلك يزيد فى الدم ولهذا فان اقصى مستوى لتركيز اللاكتيـــك لا يظهر فى الدم اثناء العمـــل خاصة اذا كانت فترة استمرار العمل قصيرة (١ — ٦ دقائق) حيث يتطلب الوصول الى أقصى مستوى لتركيزه فى الدم بضعة دقائق بعد انتهاء العمل وبالتـــالى فان اقصى درجة انخفاض لمســتوى PH الدم تسجل بعــد

عدة دقائق من انتهـــاء العمل . ويتطلب تساوى مستوى تركيز اللاكتيك فى العضلات والدم فترة زمنية لا تقل عن ٥ — ١٠ دقائق .

ومن المعروف أن تركيز اللاكتيـــك فى الدم لدى الاشخاص المدربين يكون أقل منه لدى غير المدربين عند قيامهما بنفس الحمل البدنى ويرجع هذا الى زيادة اعتماد اللاعبين المدربين على العمليات اللاهوائيـــة فى انتـــاج الطاقة وزيادة كفاءة التخلص من زيادة اللاكتيك لديهم . وتتأثر زيادة حامض اللاكتيك بدرجة حرارة البيئة حيث يزيد محتوى اللاكتيك عند اداء الحمـــل البدنى الأقل من الاقصى فى درجة حرارة ٣٦° عنه فى درجة حرارة ٢٠° . وقد سجل فالكوف ، ١٩٦٩ بلوغ نسبة تركيز حامض اللاكتيك بعد ٢٠٠ متر عدو ١٩٨ ملليجرام٪ وبعـــد ٤٠٠ متر ٢٢٧ ملليجرام٪ وبعـــد ٨٠٠ متر ٢١١ ملليجرام٪ وبعد ١٥٠٠ متر ١٦٣ ملليجرام٪ .



العلاقة بين تركيز اللاكتيك ، PH الدم
(عن : أوسينس وهيرمانسن ١٩٧٤)



(شـــكل رقم ٤٢)
ديناميكية تركيز حامض اللاكتيك ومصادر الطاقة الأخرى
الجلوكوز والأحماض الدهنية الحرة والجلسرين والدهون المتعادلة فى الدم
الشريانى خـــلال العمـــل العضلى لمدة ساعتين
(عن : كويل ١٩٧١)

٣/٤/٨/٤ — التخلص من زيادة حامض اللاكتيك فى الدم :

تؤدى زيادة حامض اللاكتيك فى الدم الى سرعة شعور اللاعب بالتعب والاجهاد ، وتقع نسبة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم تحت تأثير عاملين أولهما هو معدل انتاج حامض اللاكتيك فى العضلات نتيجة التمثيل الغذائى اللاهوائى للجليكوجين، وثانيهما هو معدل التخلص من حامض اللاكتيك الزائد فى الدم ، وقد تناولنا كيفية تأثير العامل الأول ويتم خلال هذا الجزء التعرف

على كيفية مواجهة الجسم لزيادة حامض اللاكتيك بالدم والتخلص منـــه حيث تعتبر هـــذه العملية الفسيولوجية من العمليات الهامة لتأثير حمـــل التدريب على وظائف الجسم ، ويشترك فى هـــذه العملية ما يطلق عليـــه المنظمات الحيوية بالدم حيث تعتبر الخط الدفاعى الاول ضـــد اى تغيرات تحـــدث فى مستوى التوازن الحمضى القلوى بالاضـــافة الى دور الرئتين والكلى فى ذلك .

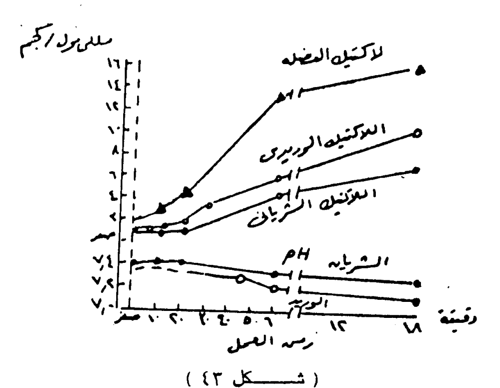
٤/٨/٤/٣/١ — دور المنظمات الحيوية فى الدم اثناء النشـــاط البـــدنى :

تقوم المنظمات الحيـــوية بالدم Buffers بدورها فى الحفاظ عـــلى مستوى PH وتنظيم نسبة تركيز أيون الهيدروجين الى نســـبة تركيز أيون الهيدروكسيل ، وتوجد من هذه المنظمات أربعـــة أنواع فى الدم هى نظام **البيكربونات** (H_2Co_3-$NaHco_3$) ونظام الهيموجلوبين ونظام البروتين بالبلازما ونظام الفوسفات ($Na\,H_4Po_4$—$Na\ HPo_4$) . وهذه المنظمات مما تشكل ما يسمى « بالمنظمات الحيوية الأساسية » وتقدر كميتها مللى مكافىء / لتر (١..ر مكافىء فى اللتر) .

وفى حالة الراحة فان محتوى المنظمات الحيوية الأســاســـية فى الدم يبلغ مقداره ٤٥ مللى مكافىء / لتر تقريبا وفيما عدا الهيموجلوبين فان باقى المنظمات الأخرى توجـــد فى بلازما الدم ويعتبر اهمها نظـــام البيكربونات ونظام البروتين وتقوم هذه المنظمات الحيوية بالمحافظة على مستوى PH الدم بالتفاعل مع اى أحماض او قلويات تؤثر على توازن الدم حيث يتكون المنظم الحيوى من جزئين أحدهما حامض ضعيف والجزء الآخر ملح هـــذا الحامض فمثلا يتكون نظام البيكربونات مما يلى :

حامض الكربونيك (H_2Co_3)

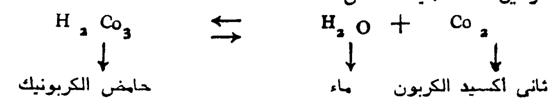
بيكربونات الصوديوم (ملح) ($Na\ HCo_3$)



(شـــــكل ٤٣)

تغيرات محتوى اللاكتيك ، PH فى الدم الشريانى والوريدى
فى بداية اداء العمل البدنى المرتفع الشدة ٢٧٥ وات
(عن : جولنك وهيرمانس ، ١٩٧٣)

فاذا ما زاد تركيز حامض اللاكتيك فى الدم (HLa) يقوم نظـــــام البيكربونات بالاتحاد معــــــه ليتم تشكيل ملح حامض اللاكتيك (Na La) وحامض الكربونيك (H_2Co_3) وتتم هذه العملية بالشكل التالى :



$$HLa + Ha\,HCo_3 \rightleftarrows Na\,la + H_2Co_3$$

خامض اللاكتيك (قوى) ↓ — بكربونات الصوديوم ↓ — حامض اللاكتيك ↓ — حامض كربونيك (ضـعيف) ↓

وبهذا فان حامض الكربونيك الذى نتج عن العملية الســــــابقة هو حامض ضـعيف واقل قوة من حامض اللاكتيك ، وبذا يتم تحليله الى ماء وثانى أكسيد الكربون ويتم التخلص من ثانى اكســـيد الكربون عن طريق الرئتين أثناء عملية التنفس .

$$H_2Co_3 \rightleftarrows H_2O + Co_2$$

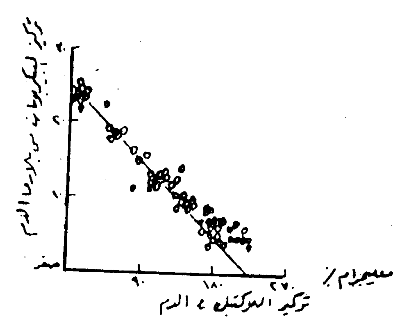
حامض الكربونيك ↓ — ماء ↓ — ثانى أكسيد الكربون ↓

وتساعد المنظمات الحيوية الأساسية فى تقليل مستوى تركيز أيون الهيدروجين فى الدم ، فمثلا عند زيادة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم بدرجة تبلغ ١٠ مرات فان المنظمات الحيوية توجه هذه الزيادة مما لا يؤدى الى زيادة تركيز أيون الهيدروجين بنفس هذه الدرجة ، ولكن تقل هذه الدرجة بصورة ملحوظة جدا حيث يزيد فى هذا المقابل تركيز أيون الهيدروجين ليس ١٠ مرات ولكن فقط ١٫٤٢ مرة .

٤/٨/٤/٣/٢ — الاحتياطى القلوى : Alkali Reserve

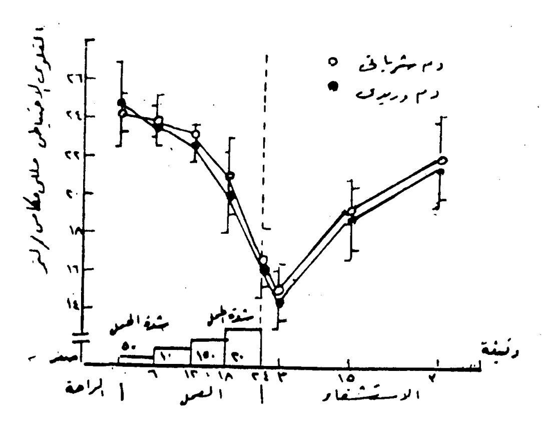
يطلق هذا المصطلح على كمية البيكربونات فى الدم فى الظروف العادية (عند اكتمال اتحاد الأكسوجين مع الهيموجلوبين وعندما تكون درجة حرارة الدم ٣٨° وتوتر ثانى اكسيد الكربون ٤٠ مم زئبق) ، وكان يطلق عليه قديما مصطلح (البيكربونات المعيارى) Standart Bicarbonate وهذه الكمية من البيكربونات تدل على كمية الحامض التى يمكن الاتحاد معها فى الدم ويبلغ مستوى « الاحتياطى القلوى » فى الدم فى الظروف العادية ٢٥ مللى مكافىء / لتر أى انه يشكل حوالى ٦٠٪ من جميع المنظمات الحيوية ، وتنخفض نسبة الاحتياطى القلوى عند العمل العضلى حوالى ٩٥٪ بناء على زيادة تركيز حامض اللاكتيك بينما تبقى نسبة ٥٪ لارتباطها بزيادة الأحماض الدهنية الحرة فى بلازما الدم ، وتوجد علاقة عكسية عالية بين تركيز اللاكتيك فى الدم ومستوى البيكربونات (شكل ٤٤) فعند العمل العضلى ذو الشدة المنخفضة لا يتغير مستوى ألبيكربونات او كما يسمى الاحتياطى القلوى ، ومع زيادة شدة الحمل تزيد درجة انخفاض مستوى الاحتياطى القلوى ، ويقابل ذلك مقاومة اتجاه PH الدم الى الجانب الحمضى وجعلها معتدلة بقدر الامكان وهذا التفاعل يسمى « الحمضية » Asidosis واذا انخفض مستوى المنظمات الحيوية ولم تنخفض قيمة PH الدم الشريانى عن ٧٫٣٥ فهذه الحالة تسمى « التعويض » وعند عدم حدوث حالة التعويض هذه تنخفض PH الدم عن ٧٫٣٥ .

وفى حالة زيادة المواد القلوية فى الدم (تناول وجبة غذائية تحتوى على القلويات او غيرها) فان مستوى المنظمات الحيوية يزيد وكذا مستوى pH الدم (جدول ٦) .



(شــــكل ٤٤)

العلاقة بين تركيز البيكربونات فى البلازما ومحتوى اللاكتيك بالدم
(عن : هيرمانس واوسينس ١٩٧٣)



(شــــكل ٤٥)

الاحتياطى القلوى (البيكربونات المعيارى) فى الدم الشريانى
والوريدي اثناء الراحة واثناء الحمل المختلف الشدة
(عن : كوتس ١٩٨٢ Kots)

جـــــدول (٦)

متوسطات التوازن الحمضى القلوى فى الدم الشريانى

قبل وبعد ١٢٠ دقيقة من تناول ٢٠ جرام صواد غذائية

(عن كوتس وآخرون ١٩٨٠)

المتغـــــيرات	قبل تناول الصودا	بعد تناول الصودا
PH	٧ر٤	٧ر٤٧
الاحتياطى القلوى (مللى مكافىء / لتر)	ـــر٢٥	ـــر٣٣
المنظمات الحيوية الاساسية	ـــر٤٥	ـــر٥٧
توتر ثانى اكسيد الكربون PCo_2	ـــر٤٠	ـــ٤٩
تفاعل المنظمات الحيوية	+ ١ر٥	+ ٩ر٥

وعند زيادة التنفس بطريقة ارادية وبدون اداء عمل عضلى فان هذا يؤدى الى زيادة التخلص من ثانى اكسيد الكربون عن طريق الرئتين ونتيجة لذلك يقل حامض الكربونيك فى الدم وتزيد درجة PH الدم وقد تصل الى اقصى مســــــتوى لها ٧ر٦ — ٧ر٨ وهذه الحالة يطلق عليها « القلوية » Alkalosis .

وعندما تزيد المنظمات الحيوية فى الدم مع عدم زيادة PH الدم عن ٧ر٤٥ فتسمى هذه الحالة (حالة التعويض) أما اذا زاد تفاعل الدم عن ٧ر٤٥ فان هذا يدل على عدم حدوث التعويض القلوى .

٣/٣/٤/٨/٤ — تنظيم توازن الدم الحمضى القلوى :

تقوم المنظمات الحيوية فى الدم بواجبهـــا كخط دفاعى أولى وسريع ضد تغير قيمة PH الدم ، بينما تقوم اعضاء وأجهزة أخرى فى الجســـم بالمساعدة فى ذلك مثل الكلى والرئتين والكبد .

الـكلى :

تقوم الكلى بزيادة افراز البول الحمضى او القلوى حيث يتم تخليص الجسـم من الأحماض الزائدة عن طريق الكلى وتخرج هذه الأحماض فى البول على شـكل احماض عضـوية ضعيفة واملاح البولينا والاحماض الفوسفاتية بينما يتم التخلص من القلويات الزائدة على شكل بيكربونات أو فوسفات قلوى . هذا بالاضافة الى دور الكلى الهام فى المحافظة على النسب الطبيعية للصوديوم والبوتاسـيوم وغيرها من الأملاح المعدنية فى الـدم .

الرئتين :

توم الرئتان بتخليص الجسم من زيادة ثانى اكسيد الكربون اثنـاء النشـاط البدنى وبذا يقل محتوى حامض الكربونيك فى الدم ، وتزيد سرعة التنفس لتساعد على زيادة عمليات اكسدة حامض اللاكتيك فى الكبد ، ويقل التنفس اذا ما اتجه الدم الى الجانب القلوى للاحتفاظ بثانى أكسيد الكربون فى الجسم حتى يستعيد الدم الاحتياطى القلوى .

١/٥/٨/٤ — الدم كمنشط : Blood Doping

تجرى الدراسات بهدف الكشف عما اذا كانت اضافة كمية من الدم تؤدى الى تحسين مستوى الاداء نظرا لما هو معروف عن ان فقد او سحب الدم يؤدى الى انخفاض مستوى الاداء البدنى .

وفى هذه الدراسات يتم سـحب حوالى نصف لتر او اكثر من الدم وبعد عدة اسابيع يكون الجسم قد استعاد تكوين نفس حجم الدم الذى سحب ويتم بعد ذلك حقن اللاعب بكرات الدم الحمراء التى تم سحبها مع الدم من هذا اللاعب من قبل ، والهـدف من ذلك هو ان زيادة كرات الدم الحمراء قد تستطيع حمل كمية اكبر من الأكسوجين الى العضلات العاملة لتحسين تحملها ، الا ان نتائج هذه الدراسات ليسـت قاطعة فبينما دلت دراسة اكبلوم ، ١٩٧٢ Ekblom على زيادة زمن الجرى على جهـاز السير المتحرك من ٥ر٧ دقيقة الى ٧ دقائق بعد شهر من التدريب ، اظهرت نتائج دراسات اخرى عدم تحسـن الاداء ، كما ان التقدم الذى حدث فى

دراسة اكبلوم لم يتضح ســــببه ، هل هو يرجع الى اضافة الدم أو الى التدريب لمدة شهر ؟.

وقد كثرت الدلائل المضادة لاضافة الدم نظرا لما قد تسببه من خطورة العدوى أو تسمم الدم او تجلط الدم في داخل الأوعية الدموية خاصة اذا ما جربت على اشخاص غير مدربين ، كما ان ذلك لا يتفق من الوجهــــة التربوية مع اهداف التربية الرياضية في رفع مستوى الاداء البدنى من خلال التحسن الطبيعى لوظائف الجسم لذا لا يجب الســــماح باجراء مثل هذا الاسلوب في المجال الرياضي .

الفصل الخامس

٥ — القلب

- ١/٥ — مقدمة .
- ٢/٥ — تشريح عضلة القلب .
- ٣/٥ — الخصائص الفسيولوجية لعضلة القلب .
- ٤/٥ — الدفع القلبى .
- ٥/٥ — تنظيم وظيفة القلب .
- ٦/٥ — القلب والتدريب الرياضى .
  - ١/٦/٥ — تأثير التدريب الرياضى على حجم القلب .
  - ٢/٦/٥ — تأثير التدريب الرياضى على الدفع القلبى .
  - ٣/٦/٥ — الدفع القلبى وبعض العوامل الفسيولوجية .
  - ٤/٦/٥ — الدفع القلبى والكفاءة البدنية .
  - ٥/٦/٥ — الدفع القلبى والاعداد البدنى للرياضيين .
  - ٦/٦/٥ — حجم الضربة لدى الرياضيين .
  - ٧/٦/٥ — معدل القلب لدى الرياضيين .
  - ٨/٦/٥ — النشاط الكهربائى لعضلة القلب .
  - ٩/٦/٥ — خصائص الطاقة وتغيرات الدورة القلبية اثناء التدريب الرياضى .

٥ — القـــــلب

١/٥ — مقـــــدمة :

القلب هو مصدر الطاقة المســـببة لحركة الدم فى الأوعية الدموية ، وهو يقوم بعمله كمضخة يأتى اليه الدم من جميع اجزاء الجسم لكى يقوم بدفعه خلال الأوعية الدموية مرة اخرى ، والقلب يعتبر اهم اعضاء الجهاز الدورى حيث تقـــوم الأوعية الدموية بتوزيع الدم المندفع من القلب على جميع اجزاء الجسم ، ويســاعد القلب على القيام بوظائفه طبيعة تركيبه وخصائص نســـيجه العضلى ، والقلب يقوم بضخ الدم من قبل الولادة ويستمر فى عمله حتى الوفاة .

٢/٥ — تشريح عضلة القلب :

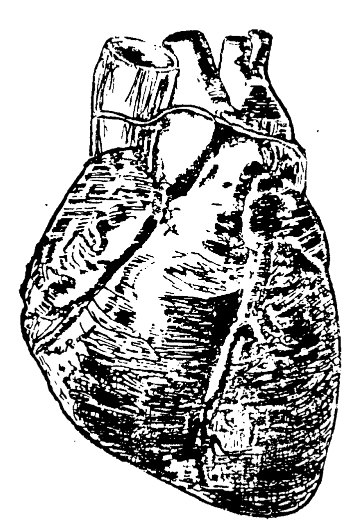
يعتبر القلب عضوا عضليا مجوفا ، ينقسم طوليا بحاجز يعزل النصف الأيمن عن الأيسر ، وكل نصف ينقســـم الى أذين وبطين يفصلهما حاجز ليفى . وينتقل الدم فى اتجاه واحــد من الأذينين الى البطينين ومنهما الى الأورطة والشرايين الرئوية بفضـــل صمامات توجد عند الفتحات الداخلة والخارجة من البطينين ، ويرتبط غلق او فتح الصـــمامات بمقدار الضغط الواقع على كلا الجانبين .

يختلف سمك جدار القلب تبعا لاختلاف شدة العمل الذى يقوم به كل جزء من اجزاء القلب فيبلغ سمك جدار البطين الأيسر حوالى ١٠ — ١٥ مم

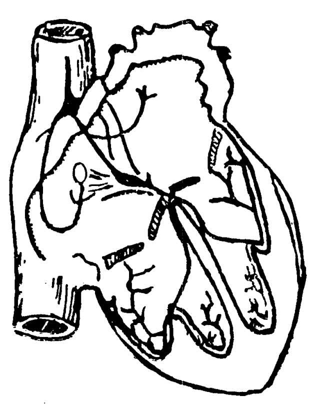
بينما يقل عن ذلك سمك جدار البطين الأيمن (٥ — ٨ مم) ، ويبلغ سمك جدار الأذينين حوالى ٢ — ٣ مم .

ويتحــدد حجم القلب بحجم تجويفــه وكذلك ســمك جــدرانه ويرتبط هذا الحجم بمقاييس الجسم والعمر والنشاط الحركى للانســان ، ويصــل حجم القلب بالنســبة للرجال فى المتوســط ٧٠٠ — ٨٠٠ سم٣

وللسيدات ٥٠٠ — ٦٠٠ سم٣ ويزيد عادة بالنسبة للرياضيين بحوالى ١٠٠ — ٣٠٠ سم٣ ويمكن ان يصل فى بعض الأحيان الى ١٠٠٠ — ١٢٠٠ سم٣ الا أن الزيادة المفرطة فى حجم القلب يمكن أن تضر المكونات الانقباضية لعضلة القلب ، ويبلغ وزن القلب حوالى ٢٥٠ — ٣٠٠ جرام ويقل عن ذلك للسيدات ١٠ — ١٥٪ ، ويبلغ طول القلب فى المتوسط ١٤ سم والعرض ١٢ سم ، ويبلغ حجم تجاويف البطينين حوالى ٢٥٠ — ٣٠٠ ملليلتر ويقل بعض الشىء بالنسبة للسيدات ، ونظرا لارتباط حجم القلب بطول ووزن الجسم يفضل مراعاة ذلك عند حساب حجم القلب نسبة الى تلك القياسات ، وقد اتضح ان لكل كيلو جرام من وزن الجسم يبلغ حجم القلب ١١ سم٣ لغير الرياضيين وبالنسبة للرياضيين ١٣ — ١٤ سم٣ .



(شكل ٤٦)
القلب . شكل امامى



(شـــــكل ٤٧)
نظام التوصيل الكهربائى فى القلب

ويتم امداد القلب بالدم من خلال الشريان التاجى عندما ترتخى عضلة القلب ، حيث يســتقبل الشريان التاجى حوالى ٢٠٠ — ٢٥٠ ملليلتر فى الدقيقة وتزيد اثناء النشاط البدنى وقد تصل فى حالة شدة النشاط البدنى الى لتر دم .

٣/٥ — الخصائص الفسيولوجية لعضلة القلب :

تتميز عضلة القلب ببعض الخصائص الفسيولوجية وهى اللاارادية — **الاستثارية — التوصيل — الانقباضية .**

اللا ارادية :

تعنى هذه الصـــفة أن عضـــلة القلب تنقبض بطريقة ايقاعية دون استثارة خارجية ونتيجة لتأثير نبضات تظهر فى القلب فى العقدة الأذينيـــة بالأذين الأيمن ، وهى تعتبر المنظم الأول لايقاع القلب ثم تنتشر موجـــة الانقباض حتى تصل الى عقدة اسفل البطين الأيمن تسمى العقدة البطينية،

وعندما تسرى موجة الانقباض الى البطينين فانها تمر خلال الحزمة الأذينية البطينية والتى تنقسم الى فرعين . وتتميز العقدة الأذينية بصفة التلقائية او اللا ارادية فى عملها حيث ان موجة الانقباض المنبعثة من هذه العقدة فى الظروف العادية تؤدى الى تنشيط باقى الأجزاء الأخرى .

الاســــتثارية :

وتبدو هذه الخاصـــية عندما تظهر الاســــتثارة تحت تأثير مختلف المثيرات ، ويجب ان لا تقل قوة الاستثارة عن العتبة الفارقة « الحد الأدنى الذى يمكن ان تستجيب له عضلة القلب » وتخضـــع عضلة القلب لقانون (الكل او لاشىء) . ولا ترتبط درجة انقباض عضلة القلب بقوة المثير ولكن ايضا بدرجة امتطاطها قبل الانقباض وكذلك درجـــة حرارة ومكونات الدم المغذى لها .

وتعتبر ظاهرة ايقاع القلب من الظواهر المعروفة والمســـتمرة طول استمرار الحياة ، ويرجع الســـبب فى اســـتمرارها الى حقيقة ان عضلة القلب لا يمكن أن تتقلص « انقباض مستمر » مثل العضلات الهيكلية ويرجع الســـبب فى ذلك الى طول الفترة التى تبقى فيها عضلة القلب غير قابلة للاستثارة ، حيث ينقســـم الانقباض العضـــلى الى فترة الكمون وفترة الانقباض ثم فترة الارتخاء ، وتعتبر عضلة القلب غير قابلة للاســـتثارة خلال فترتى الكمون والانقباض وتصبح عضلة القلب قابلة للاســـتثارة فى نهاية فترة الارتخـــاء ، وتحدث احيانا ظاهـــرة « الانقباضـــة الزائدة » Extra Systole ويرجع سبب ذلك الى مثير غير عادى نتيجة لعـــامل كيمائى حمله الدم الى القلب او نتيجة لاضطراب عصبى ولكن بعد مرور هذه الانقباضة تأتى الموجة الانقباضية التالية فى توقيتها العادى ويتبـــع الانقباض الزائد فترة بينية .

التوصـــيل :

تساعد خاصية التوصيل على توصيل الموجة الانقباضية من العقدة الأذينية الى جميع اجزاء عضلة القلب وتزيد خاصـــية التوصيل عند زيادة الحرارة وتقل عند نقص الأكسوجين .

الانقباضـــية :

ترتبط وظيفـــة القلب بوظائف الأوعية الدموية للمحـــافظة على استمرارية سريان الدم خلال الجســـم ويتم ذلك نتيجة لعملية الانقباض والارتخاء الايقاعى المستمر للأذينين والبطينين ويســـمى انقباض عضلة القلب (الأذينى او البطينى) السيستول Systol بينما يسمى الارتخـــاء الدياستول Diastole وتحدث عملية السيستول والدياستول على مراحل وفقا للجدول التالى :

جـــدول (٧)

مراحل انقباض وارتخاء عضلة القلب

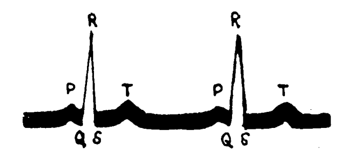
المراحـــل	أجزاء المراحـــل
الانقباض	الفترة الأولى : فترة التوتر
(السيستول)	الفترة الثانية : فترة الدفع
الانبســـاط	الفترة الثالثة : فترة الاسترخاء
(الدياستول)	الفترة الرابعة : فترة الراحة

الفترة الأولى :

يمتلىءالبطين بالدم ويظل حجمه ثابتا وتستمر هذه الفترة دون حدوث قصر فى العضلة ولذلك تسمى فترة الانقباض الايزومترى وتغلق الصمامات التى بين الأذينين والبطينين للقلب بعد ما يبدأ البطين فى الانقباض ويحدث الصوت الأول للقلب ويسمى الصوت السيستولى .

الفترة الثانية :

يزيد ضـــغط الدم داخل البطينين عنه فى الشرايين وتفتح الصمامات البطينية لتسمح بمرور الدم خلال الشرايين الكبيرة .



(شـــــكل ٤٨)

رسم القلب الكهربائى

الفترة الثالثة :

خلال هذه الفترة ترتخى عضلات البطينين ويقل الضغط داخلهمـــا فتغلق بذلك الصمامات البطينية نتيجة لزيادة الضغط فى الشرايين عنه فى البطينين ، ويتســـبب غلق الصمامين البطينين فى حدوث الصوت الثانى للقلب « الصوت الدياستولى » وهو الصوت الأقوى .

الفترة الرابعة :

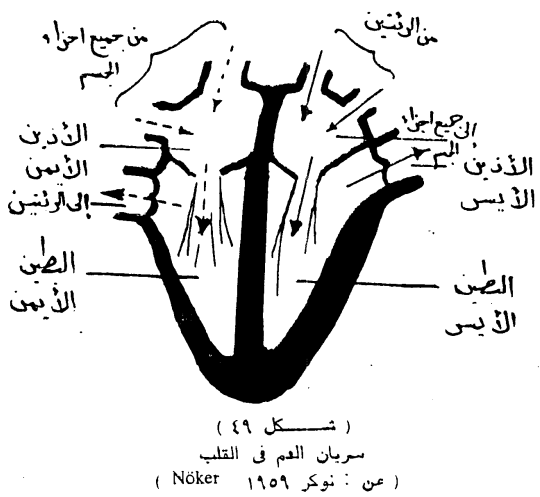
تستكمل هذه الفترة الفترة السابقة ، وخلال النشاط البدنى فبالاضافة الى زيادة سرعة القلب تتغير أيضا الفترات الزمنية للدورة القلبية .

٥/٤ — الدفع القلبى : Cardic Output

الدفع القلبى هو كمية الدم التى يضخها القلب فى الدقيقة الواحـــدة باللتر او المليلتر ، ويقصد الدم المدفوع من البطين الأيسر ، ويتراوح حجم الدفع القلبى عادة ما بين ٥ — ٦ لتر / دقيقة ، ويعتمد الدفع القلبى على عاملين هما :

(أ) حجم الضربة Stroke Volume وهو كمية الدم التى يدفعها القلب مع كل ضربة من ضرباته .

(ب) معدل القلب Heart Rate وهو عدد ضربات القلب فى الدقيقـــــة الواحـــدة .



(شـــكل ٤٩)
سريان الدم فى القلب
(عن : نوكر ١٩٥٩ Nöker)

ويمكن التعبير رياضيا عن العلاقة بين الدفع القلبى وحجم الضربة ومعدل القلب بالمعادلة التالية :

الدفع القلبى = حجم الضربة x عدد ضربات القلب فى الدقيقة

ويتأثر مقدار الدفع القلبى بمساحة مسطح الجسم لذا فان المقارنة بين الأشخاص فى الدفع القلبى تتطلب استخدام ما يســمى دليل القلب Heart Index وهو عبارة عن ناتج قسمة حجم الدفع القلبى على مسطح الجسم بالمتر المربع . ويبلغ متوســط دليل القلب للبالغين ٥ر٢ — ٥ر٣ لتر / دقيقة / متر مربع . أى أن نصيب المتر المربع من مسطح الجسم فى الدقيقة الواحدة يتراوح ما بين ٥ر٢ — ٥ر٣ لتر دم .

ويعتمد الدفع القلبى على مقدار الدم الوريدى العائد الى القلب من جميع اجزاء الجسم المختلفة ، فكلما زاد الدم العائد للقلب زد الدفع القلبى كما يحدث أثناء النشاط الرياضى مثلا .

٥/٤/١ — حجم الضربة : Stroke Volume

يبلغ متوسط حجم الضربة اثناء الراحة فى وضع الوقوف للأشخاص العاديين ٧٠ — ٩٠ ملليلتر ، ويقل من ذلك بالنسبة للاناث حيث يتراوح ما بين ٥٠ — ٧٠ ملليلتر ، ويرتبط حجم الضربة ايضا بحجم تجويف عضلة القلب وكلما كان حجم الضربة اكبر كلما كان معدل القلب اقل وهذا يفسر سبب انخفاض معدل القلب لدى المدربين .

٥/٤/٢ — معدل القلب : Heart Rate

يتحدد معدل القلب عن طريق ايقاع الاستثارة فى العقدة الأذينية ويحسب معدل القلب عن طريق حساب معدل النبض الشريانى او بواسطة عد ضربات القلب على القفص الصدرى عن طريق السمع (عند الضلع الخامس من اليسار) .

يرتبط معدل القلب اثناء الراحة بعدة عوامل منها العمر ، الجنس لحجام الجسم ، ظروف معيشة الانسان ، وعادة يتراوح معدل القلب لدى الأشخاص الأصحاء ما بين ٦٠ — ٧٠ ضربة / دقيقة ، ويزيد معدل القلب لدى الأطفال عنه لدى الكبار ، كما يزيد لدى الاناث عنه لدى الذكور ، ويقل معدل القلب لدى الأشخاص الذين يمارسون أعمالا بدنية عن غيرهم من قليلى الحركة .

٥/٥ — تنظيم وظيفة القلب :

ويختلف حجم الدم السارى فى الأوعية الدموية تبعا لعدة عوامل مختلفة فهو أقل وقت الراحة بينما يزيد وقت الانفعال ويزيد جدا اثناء النشاط البدنى ، كذلك يختلف توزيع سريان الدم تبعا لاختلاف مناطق الجسم فهو يزيد فى الأعضاء العاملة ويقل فى أعضاء الجسم غير العاملة .

وهناك علاقة متبادلة بين وظيفة القلب وحجم الدم السارى فى الدورة الدموية وكذلك المقاومة الطرفية ، ومثالا على ذلك عند زيادة حجم الدم فى الدورة الدموية تقل المقاومة الطرفية مباشرة ، وتزيد قوة انقباض القلب عند زيادة سريان الدم الوريدى كما يحدث فى حالة النشاط البدنى حيث

ترد للقلب كمية دم أكثر فى وقت الارتخاء (الدياستول) مما يزيد من تمدد عضلة القلب ، وكلما ازداد تمدد عضلة القلب كلما زادت قوة انقباضها مثلها فى ذلك مثل باقى العضلات الهيكلية .ويعتبر تغير عمل القلب تبعا لتغير سريان الدم الوريدى من انواع التنظيمات الذاتية لعمل القلب والتى تساعد القلب على التكيف مع مختلف الظروف . وبالرغم من تلقائية انقباض عضلة القلب الا انه يتأثر بنوعين من الأعصاب احدهما العصب الحائر وهو يعمل على تثبيط نشاط القلب بينما العصب الآخر هو العصب السمبثاوى وهو على العكس يزيد من سرعة القلب ويعتبر العصب الحائر هو العصب الرئيسى فى تنظيم نشاط القلب فاذا ما حدثت استثارة فى مراكزه بالنخاع المستطيل فان انقباض القلب يقل ويضعف والعكس اذا حدث تثبيط فان نشاط القلب يزداد .

وتحدث الاستثارة فى المراكز العصبية تحت تأثير مثيرات مختلفة وعندذلك فان الدور الهام هنا تلعبه الاشارات العصبية الواردة من المستقبلات الحسية المختلفة للجسم مثل المثيرات البصرية والسمعية ، والتأثير على الجلد بالبرودة واستثارات الالم التى يمكن أن تؤدى الى تغير ايقاع وقوة انقباض عضلة القلب ، كما تؤثر على نشاط القلب ايضا الاشارات الحسية الواردة من المستقبلات الحسية بالجهاز الحركى حيث يزداد ذلك التأثير أثناء النشاط البدنى ، كما تلعب دورا هاما فى التأثير على نشاط القلب نوعا آخر من المستقبلات الحسية توجد فى القلب وفى جدران الأوعية الدموية الكبيرة مثل الأورطة وهذه المستقبلات الحسية تزداد استثارتها عند زيادة ضغط الدم عليها فترسل اشاراتها العصبية الحسية الى مراكز خاصة بالنخاع المستطيل ومنه الى مركز العصب الحائر وتحدث الاستثارة وبهذا يتأثر عمل القلب ارتباطا بضغط الدم .

ويوجد نوعا آخر من المستقبلات الحسية فى شريان الأورطة والشرايين الكبرى وهذا النوع يسمى المستقبلات الكيمائية Chemoreceptors وهذه المستقبلات تتأثر بالتغيرات الكيمائية فى مكونات الدم مثل زيادة تركيز ثانى اكسيد الكربون .

ويتأثر نشاط القلب أيضا ببعض الهرمونات وأيونات أملاح البوتاسيوم والصوديوم ، فتزداد سرعة القلب نتيجة افراز هرمون الادرينالين الذى يفرزه نخاع الغـدة فوق الكلية أو لزيادة افراز هرمون الغدة الدرقيـة الموجودة بالرقبـة ، كما تقلل من سرعة وقوة عضـلة القلب أيونات البوتاسيوم حيث يضعف القلب ويتوقف عن الانبساض اذا وضع فى محلول مركز بالبوتاسيوم ولذا فان من الضرورى تحديد مدى تركيز البوتاسيوم فى الدم فى ظروف العمل العادى للقلب ، كما أن أيونات الكالسيوم تزيد من سرعة وقوة انقباض القلب وترفع من درجة الاستثارة والتوصيل لعضلة القلب .

٦/٥ — القلب والتـدريب الرياضى :

١/٦/٥ — تأثير التدريب الرياضى على حجم القلب :

تعتبر مشكلة « القلب الرياضى » حتى الآن من المشاكل الهامة فى مجال الطب الرياضى الحديث نظرا لما يلاحظ فى السنوات العشر الأخيرة من زيادة كبيرة فى حمل التدريب الرياضى لتنمية الكفاءات الوظيفية للجهـاز الدورى للرياضيين لاهمية الدور الحيوى الذى يقوم به هذا الجهاز فى نقل الاكسوجين الى الأنسجة ، وبناء على ذلك فان انتاجية القلب لا يمكن أن تزيد عن ٥ — ٧ مرات بالمقارنة بوقت الراحة ولذا فان الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين يزيد لدى الرياضيين عن غـير الرياضيين الا أنه عادة لا يتجاوز ٤ — ٦ لتر/دقيقة ، ولذا فان عدم النمو الكافى لحجم ووظيفة القلب يمكن ان يكون له تأثيرا سلبيا على الكفاءة الرياضية خاصـة بالنسبة لبعض الأنشطة الرياضية التى تتطلب زيادة فى كفاءة عمل الجهاز الدورى مثل أنشطة التحمل حيث يعتبر التدريب فى هذه الأنشطة هو تدريب للقلب ، وقد لاحظ ظاهرة « القلب الرياضى » منـذ القرن الماضى العـالم هنشن ١٨٩٩ Henschen حيث لاحظ أن الرياضيين المدربين لديهم زيادة فى مقاييس القلب ، ومنذ ذلك الحين تطورت طرق قياسـات حجم القلب ونال هـذا الموضوع اهتمام الباحثين ، ويدل حجم القلب على كفـاءة انتاجيتـه بالنسبة للرياضيين الا أن حجم القلب أيضـا يرتبط باحجام الجسم وهـذه المشكلة تواجهنا حينما نود أن نقيم فسيولوجية القلب للرياضيين طوال القامة « العمالقة »

او على العكس بالنسبة لقصار القامة ، وارتباطا بذلك فاننا نتكلم عما يسمى « حجم القلب المطلق » أو « حجم القلب النسبى » ويعبر عن حجم القلب المطلق بمقدار السنتيمرات المكعبة أما بالنسبة لحجم القلب النسبى فانه ينتج عن قسمة الحجم المطلق على بعض المؤشرات الأنثروبومترية مثل الوزن والطول .

يرتبط حجم القلب للأشخاص الأكبر من ١٨ — ٢٠ سنة بالوزن والطول حيث دلت الدراسات على ارتباط الوزن بحجم القلب لدى هؤلاء الأشخاص ما بين ٦ر. — ٩ر. وبناء على ذلك يتم حساب حجم القلب النسبى كما يلى :

$$\text{حجم القلب النسبى} = \frac{\text{حجم القلب (سم}^3\text{)}}{\text{وزن الجسم (كجم)}} = \text{كجم/سم}^3$$

وهذه المعادلة تنطبق على الأشخاص العاديين فى طول قامتهم وبدون زيادة فى الوزن ، وقد دلت بعض الدراسات على وجود علاقة بين طول الجسم وحجم القلب تتراوح ما بين ٤٦ر. — ٥٢ر. ولذا فان البعض يقوم بحساب حجم القلب النسبى عن طريق المعادلة التالية :

$$\text{حجم القلب النسبى} = \frac{(\text{حجم القلب سم}^3)^2}{\text{وزن الجسم بالكيلوجرام} \times \text{طول الجسم بالسم}}$$

ومنذ بداية القرن العشرين ومع تطور طريقة الأشعة ثبت زيادة حجم القلب لدى الرجال الممارسين للنشاط الرياضى أكبر منه بالنسبة لغير الممارسين وترتبط زيادة حجم القلب بعدة أسباب منها نوع النشاط الرياضى نفسه وقد دلت الدراسات على أن حوالى ٦٠٪ من الأشخاص غير المدربين يتراوح حجم القلب لديهم ما بين ٦٠٠ — ٩٠٠ سم٣ وقد لوحظ أن أقل حجم لدى الرياضيين قد بلغ ٥٩٠ سم٣ وأقصى حجم بلغ ١٧٣٣ سم٣ وعادة تزيد نسبة الرياضيين عن ٦٠٪ الذين يبلغ حجم القلب لديهم من ٧٠٠ — ١١٠٠ سم٣ ويبلغ متوسط حجم القلب عادة لدى الرياضيين ٩٩٠ سم٣ + أو — ١١ سم٣ أى بزيادة ٢٣٠ سم٣ (٣٠٪) عن غير الرياضيين ويعطى فكرة عن الحكم

الصحيح على القلب حساب حجم القلب النسبى ويتراوح عادة لدى الأشخاص غير الرياضيين ما بين ٢٢ — ٧٥ وحدة فى المتوسط ٥٠ + او — ٩٢ر٠. ويبلغ المتوسط بالنسبة للرياضيين ٧١ + او — ١٤ر١ وحـــدة .

وقد توضـــح الجداول التاليـــة حجم القلب لدى الرجال والسيدات فى مختلف التخصصات الرياضية ، وكما يلاحظ من الجدول اختلاف هـــذه القياسات تبعا لاختلاف التخصصات الرياضية (جدول ٧ ، ٨) .

جـــدول رقم (٧)

متوسطات حجم القلب لدى الرياضيين فى مختلف التخصصات

(عن : كاربمان وآخرون ١٩٧٨)

الأنشطة الرياضية	الحجم المطلق (سم٣)	الحجم النســبى	
		وحدة	سم٣/كجم
الدراجـــات	١٠٣٠	٨٣	٢ر١٤
الجرى مسافات طويلة	١٠٢٠	٨٣	٢ر١٥
المشى الرياضى	٩٧٠	٨٢	٥ر١٤
الجرى مسافات متوسطة	١٠٢٠	٨٢	٩ر١٤
الســـباحة	١٠٦٥	٨٢	٩ر١٣
كرة المـــاء	١١٣٩	٨١	٤ر١٣
كرة الســـلة	١١٢٥	٧٥	٩ر١٢
الخماسى الحـــديث	٩٥٥	٧٣	٥ر١٣
الملاكمـــــة	٩١٣	٧٢	٧ر١٣
المصـــارعة	٩٥٣	٦٩	٢ر١٢
التنس	٩٨٠	٦٩	٨ر١٢
العـــدو مسافات قصيرة	٨٧٠	٦٧	٥ر١٢
الجمبـــــاز	٧٩٠	٥٦	٢ر١٢
رفـــع الأثقـــال	٨٢٥	٥٤	٨ر١٠
الفروســــية	٨٣٣	٥٢	٠ر١٢
الغطس	٧٧٠	٥١	٣ر١١
غـــير ممارسين للرياضة	٧٦٠	٥٠	٢ر١١

جـدول رقم (٨)

متوسطات حجم القلب لدى الرياضيات فى مختلف التخصصات

(عن : كاربمان وآخرون ١٩٧٨)

الأنشطة الرياضـية	الحجم المطلق (سم٣)	الحجم النسـبى (كجم/سم٣)
الدراجـات	٧٩٣	٦ر١٢
الجري مسافات متوسطة	٧١٠	٤ر١٢
التنس	٧٣٦	٨ر١١
كرة اليـد	٧٤٠	٥ر١١
التجـديف	٨١٣	٣ر١١
السـباحة	٧٣٠	٢ر١١
الجمبـاز	٦٤٠	٩ر١٠
العـدو مسافات قصـيرة	٦٧٠	٧ر١٠
الغطس	٦٠٠	٥ر١٠
دفـع الجـلة	٧٠٠	٤ر١٠
غـير الرياضـيات	٥٨٠	٨ر٩

ويلاحظ ان حجم القلب المطلق والنسبى يرتبط بنوع التخصص الرياضى حيث يزيد لدى لاعب التحمل عنه بالنسبة للاعبى رياضات السرعة وكذلك يزيد حجم القلب لدى لاعبى التحمل تبعا لدرجاتهم الرياضية وعمرهم التدريبى الا ان ذلك لا يلاحظ بالنسبة للأنشطة المميزة بالسرعة او القوة وبناء على الدراسات التى تمت فى هـذا المجال يمكن استنتاج ان عملية تشكيل القلب الرياضى لدى الذكور أو الاناث تتم تدريجيا خلال عدة سنوات من التدريب وخلال هذه السنوات يتذبذب حجم القلب تبعا لاختلاف مراحل الموسم التدريبى

وتلاحظ زيادة حجم القلب خلال فترة التدريب المنتظم من ٤ — ٥ اشـــهر وبصفة خاصة لدى لاعبى التحمـــل اما بالنسبة للاعبى السرعة فقد لا يلاحظ أى تغيرات فى حجم القلب خلال الموسم التدريبى وان ظهرت فانها تبدو قليلة . ويرجع ارتباط زيادة حجم القلب بأنشطة التحمل الى حاجة هؤلاء اللاعبين الى استهلاك كميات كبيرة من الاكسوجين اثنـــاء الأداء ولذا فقـــد قام كثير من الباحثين بدراســـة العـــلاقة بين حجم القلب والحـــد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين لدى الرياضيين وغير الرياضيين من الجنسين ويوضح الجدول التـــالى نتائج احدى هذه الدراسات :

جـــدول (٩)

متوسطات حجم القلب والحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين واقصى نبض اكسوجينى لدى المدربين وغير المدربين من الرجال والسيدات

(عن : كاربمان وآخرون ١٩٧٨)

العينـــات	حجم القلب (سم٣)	الحجم النسبى (كجم/سم٣)	الحد الأقصى للاكسوجين (مل/دقيقة)	اقصى نبض اكسوجينى (مل)
الرياضيون	٩٦٢	١٣ر٦	٤٤٥٦	٢٤
رجال غير مدربين	٧٣٥	١١	٢٨٠٠	١٥
رياضيات	٧١٢	١١ر٤	٢٣٣٣	١٧
سيدات غير مدربات	٥٨١	٩ر٨	٢٢٢٠	١٢

وقد دلت دراسة العلاقة بين الحد الأقصى لاستهلاك الاكســـوجين وحجم القلب على وجود علاقة موجبة بين الحجم المطلق والاكسوجين تبلغ ٧٩ر بينما بالنسبة للحجم النسبى ٦٣ر.

وقد اقترح كل من ليثجوى وبريرا ١٩٢٥ Lythgoe and Pereira معاملا لتقويم الكفاءة البدنية وهو ما يسمى « النبض الاكسوجينى » وهو

ناتج قسمة الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين على عدد ضربات القلب فى الدقيقة ، وقد اتضـــح ان هذا المعامل له علاقة كبيرة بالكفـــاءة البدنية للانســـــان ويتأثر هذا المعامل بعوامل عديدة الا ان اهمها هو حجم الدم

٥/٦/١/١ — اسباب زيادة حجم القلب الرياضى :

وقد ارتبطت زيادة حجم القلب بزيادة النشاط الحركى وقد لوحظت هذه الظاهرة منـــذ القـــرن الثامن عشر حيث اتضـــح زيادة حجم ووزن الحيوانات البرية عن الحيوانات المشـــابهة والتى تعيش فى المنازل ، وقد لاحظ كورفيسارت Corvisart فى بداية القرن التاســـــع عشر أن حجم القلب لدى الاشـــــخاص الذين يعملون اعمالا بدنية اكبر من غيرهم ممن لا يعملون هذه الاعمال . وقد ظلت عملية التقييم المرضى — الفســـيولوجى لزيادة حجم القلب تاخذ اتجاهات متعارضة ولهذا فقد أطلق هنشن مصطلح القلب الرياضى (Sportherz) وقد ساعدت طريقة الاشـــعة فى التعرف على تأثيرات التدريب الرياضى على حجم القلب منذ بداية القرن العشرين وبالرغم من ذلك فقد امكن فى الآونة الاخـــيرة فقط التعرف على ميكانيكية زيادة حجم القلب لدى الرياضيين وارتباطا بذلك امكن تشـــــخيص هذه الظاهرة فسيولوجيا وطبيا .

وينمو حجم القلب بناء على :

(أ) زيادة اتســاع تجويف القلب .

(ب) زيادة حجم عضلة القلب .

(جـ) الدمج بين زيادة اتساع تجويف القلب وزيادة حجم عضلته .

ومن خلال هذه الأسباب يزيد حجم القلب الرياضى الا ان اكثر هذه الأسباب هو السبب الثالث الخاص بالدمج بين زيادة الاتســاع وكبر حجم عضلة القلب .

٥/٦/١/٢ — اتساع تجويف القلب :

الاتســاع الفسيولوجى لتجويف القلب له اهميته فى زيادة انتاجيـــــة الجهاز الدورى لدى الرياضيين اثناء العمل العضلى ، حيث يمكن تقسيم

حجم الدم الموجود فى البطين اثناء انبســاط عضلة القلب الى ثلاثة اجزاء تكون فى مجموعها السعة الانبساطية للبطين وهى :

(أ) حجم السيستول : وهو الدم الذى يدفعـــه القلب مع كل ضربة من ضرباته .

(ب) حجم الدم الاحتياطى .

(جـ) حجم الدم المتبقى .

ويشكل حجم الدم الاحتياطى وحجم الدم المتبقى « ســـعة البطين المتبقية » وهذا الدم يتبقى فى البطين بعد انقباض عضلة القلب ودفع الدم السيستولى ، ويمكن أن ينضم جزء الدم الاحتياطى الى الدم السيستولى اثناء اداء الحمل البدنى اما جزء الدم المتبقى فانه لا يخرج من البطين تحت اى ظروف ، وقد دلت بعض الدراسات على ان حجم سعة الدم المتبقى فى البطين تبلغ حوالى ٥٥ — ٦٥٪ من الحجم العام للسعة الانبساطية ، ومن ذلك يمكن الحكم على أن حجم الدم السيستولى يبلغ حوالى ٣٥ — ٤٥٪ .

٥/٦/٢ — تاثير التدريب الرياضى على الدفع القلبى

٥/٦/٢/١ — تاثير التدريب الرياضى على دينامية الدم :

يؤدى الانتظام فى التدريب الرياضى الى حدوث تغيرات فسيولوجية فى الجسم ككل ، وكذلك فى اجهزته المختلفة ، وتبدو هذه التغيرات فى تكيف وظائف الجهاز الدورى والتى تظهر فى الاقتصــــاد فى الجهد اثناء الراحة وكذلك اثناء العمل العضلى .

ويعتبر الدفع القلبى وهو حجم الدم الذى يدفعه القلب فى الدقيقـة اهم مؤشر لدينامية الدم ويستخدم لتقييم عمل القلب أثناء العمل العضلى ، ومن المعروف ان اقصى حد لمعدل ضربات القلب يتشـــابه لدى الرياضيين وغير الرياضــيين من الاصــحاء ، وبناء عليه فان عمل القلب يتكيف مع التدريب الرياضى نتيجة لزيادة حجم الدم المدفوع فى كل ضربة من ضربات القلب اثناء اداء الحمل البدنى ، فعند العمل العضلى يزيد ضغط الدم داخل

تجويف القلب وهذا يؤدى الى زيادة ارتخاء عضـــلة القلب ويزيد حجم تجويف البطين وتزيد ســعة البطين الانبســاطية فى حجمها اثناء العمل العضلى اكثر منها اثناء الراحة ويسمى الفرق بينهما فى هذه الحالة « الحجم الاضافى الاحتياطى » ، ويؤدى التدريب الرياضى المنتظم الى نقص النغمة العضلية الانبساطية ارتباطا بتغير توازن تأثير الجهاز العصبى اللا ارادى على عضلة القلب اثناء الراحة ، وبناء على ذلك يلاحظ زيادة ارتخاء عضلة القلب وبالتالى تزيد ســـعة حجم البطين الانبســـاطية بما لا يزيد عن ٥ — ١٠٪ ، وبناء على انتظام التدريب يزيد طول الألياف العضلية للقلب كنتيجة للتغيرات التشريحية المرتبطة بنشاط بناء البروتين ، وبذلك يحدث اتساع وظيفى فى القلب ، وكنتيجة لعمليات الارتخاء والتطويل لالياف القلب يتشكل « القلب الرياضى » مع زيادة سمك الياف القلب ، وبناء على ذلك يلاحظ التضخم الوظيفى للقلب . ويمكن اختصار تغيرات القلب تحت تأثير التدريب بالترتيب (ارتخاء — تطويل — زيادة فى سمك الليفة العضلية) ولكن ذلك لا يحدث دائما معا الا ان أى زيادة فى حجم القلب ترتبط بالمرحلتين (الارتخاء والتطويل) ويحدث هذا لدى لاعبى التحمل ، ويلاحظ زيادة فى حجم القلب نتيجة (الارتخاء وزيادة سمك الألياف) ويلاحظ هذا لدى لاعبى رفع الأثقال ، ويؤدى زيادة قوة انقباض عضلة القلب الى زيادة انتاجيـــة القلب ، ويوضح الجدول التالى تغيرات القلب اثناء اداء الحمل البـــدنى عند مستوى الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين بالمقارنة بوقت الراحـــة (جدول ١٠) .

جـــــدول (١٠)

تغيرات القلب أثناء الراحة وعند اداء الحمل البدنى
عند مستوى الحد الأقصى لاســـتهلاك الأكسوجين

القياســـــات	فى الراحة	عند اقصى حـــد لاســتهلاك الأكســوجين
حجم الضربة (ملليلتر)	٨٠	١٧٨
سرعة الدفع القلبى (ملليلتر/ثانية)	٢٥٤	١٣٣٨
زمن دورة القلب (ثانية)	٨٤ر٠	٣٢ر٠

ويلاحظ من الجدول (رقم ١٠) أن طول دورة القلب نقص حوالى ٦ر٢ مرة بينما زاد حجم الضربة ٢ر٢ مرة ، كما زادت سرعة الدفع القلبى من ٢٥٤ الى ١٣٣٨ ملليلتر فى الثانية .

٥/٦/٢/٢ — الدفع القلبى لدى الرياضيين :

لا يختلف حجم الدفع القلبى فى الدقيقة لدى الرياضيين وغير الرياضيين اثناء الراحة سواء كان بالنسبة للرجال أو السيدات ، ويتأثر حجم الدفع القلبى ببعض القياسات الأنثروبومترية كطول الجسم ووزنه ومسطح الجسم ، ويلاحظ زيادة الدفع القلبى تبعا لزيادة طول ووزن الجسم وكذلك مسطحه وهناك عوامل كثيرة لها تأثيرها على الدفع القلبى فيما يلى بعضها :

٥/٦/٢/٢/١ — الدفع القلبى لدى الرياضيين طوال القامة فى وقت الراحة :

ان دراسة دينامية الدم لدى طوال القامة والعمالقة من الرياضيين الأصحاء (بدون أى خلل هرمونى) تجذب الباحثين ، وقد قام كاربمان وآخرون ١٩٧٥ بدراسة على ٣٢ لاعب من طوال القامة ، وقد قسمت المجموعة تبعا للطول الى مجموعتين ، ويوضح الجدول (رقم ١١) نتائج الدراسة .

جدول (١١)
متوسطات بعض الخصائص الفسيولوجية للرياضيين
طوال القامة فى حالة الراحة
(عن : كاربمان وآخرون ، ١٩٧٥)

الخصائص الفسيولوجية	مجموعة الطول ١٩٠ — ١٩٩ سم	مجموعة الطول ٢٠٠ — [illegible] سم
الدفع القلبى (لتر/دقيقة)	٥٠ر٥	٥٣ر٦
حجم الضربة (ملليلتر)	٩ر٩٠	٩٩
معدل القلب (ضربة/دقيقة)	٦ر٦١	١ر٦٦
مسطح الجسم (متر٢)	٢٣ر٢	٤٤ر٢
معامل القلب (لتر/دقيقة/متر)	٥٠ر٢	٦٨ر٢
الكفاءة البدنية (كجم/متر/دقيقة)	١٨٥٤	١٧١٥
استهلاك الأكسوجين (مل/دقيقة)	٤٤٠	٥٧١
اخراج ثانى اكسيد الكربون (مل/دقيقة)	٣١١	٤٠٩

ويلاحظ من الجدول أن مقدار الدفع القلبى وحجم الضربة ومعدل القلب اكبر لدى المجموعة الاكثر طولا ، وبهذا فان سبب زيادة الدفع القلبى هنا ترجع الى زيادة حجم الضربة ومعدل القلب لدى الرياضيين طوال القامة ، وعموما فان زيادة الدفع القلبى وحجم الضربة لدى الرياضيين طوال القامة بالمقارنة بالرياضيين ذوى الاطوال العادية يمكن تفسيره بارتفاع مستوى التمثيل الغذائى لدى طوال القامة اثناء الراحة ويدل على ذلك زيادة حجم غاز ثانى اكسيد الكربون فى الزفير حيث يبلغ متوسط ٣١١ و ٤٠٩ ملليلتر/دقيقة ، بينما يبلغ بالنسبة للرياضيين العاديين ٢٦٤ ملليلتر/دقيقة ، كما يزيد استهلاك الاكسوجين لدى طوال القامة فى الراحة حيث يبلغ ٥٧١ ملليلتر/دقيقة ، ومن الطبيعى ان توصيل هذه الكمية من الاكسوجين واخراج ثانى اكسيد الكربون لدى الرياضيين طوال القامة يتطلب زيادة فى حجم الدفع القلبى .

ويلاحظ أن المستوى العالى لدينامية الدم التى تلاحظ لدى الرياضيين طوال القامة اثناء الراحة لا تعطى لهم ميزة التفوق اثناء اداء الحمل البدنى وتدل على ذلك المقارنة بين مستوى الكفاءة البدنية لدى المجموعتين حيث تزيد لدى المجموعة الاقل طولا ، وهذا يجب مراعاته عند اجراء الدراسات على الرياضيين فى حالة الراحة .

٢/٢/٢/٦/٥ — الدفع القلبى والعمر لدى الرياضيين :

ترتبط طبيعة تغيرات القدرة الهوائية القصوى بكفاءة الجهاز الدورى ومع النمو وزيادة الكتلة العضلية يزداد استهلاك الاكسوجين ، وكذلك يزداد الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين ، ولم يتضح الى الآن تأثير ممارسة الرياضة على حجم الدفع القلبى لدى الناشئين اثناء الراحة ، كما أن الدراسات لم تزل قليلة عن مقدار الدفع القلبى لدى الرياضيين الذين انقطعوا عن ممارسة الرياضة ، وقد اهتم كاربمان بدراسة الدفع القلبى لدى الناشئين من ١٧ — ٣٦ سنة ، وقد تم تقسيم افراد عينة البحث الى فئات حيث ضمت الفئة الأخيرة من هم فوق ٢٩ سنة ، وكما يلاحظ من الجدول (١٢) أن حجم الدفع القلبى لدى الرياضيين فى الفئة ١٧ — ١٨

سنة والفئة ١٩ — ٢٠ سنة متشابه تقريبا ، الا أن هذا الحجم كان اقل بعض الشيء بالنسبة للفئات الأكبر سنا .

كما يلاحظ من الجدول ايضا تقارب حجم الدفع القلبى لدى الرياضيين فى الفئات الأكبر سنا ، كما جاء فى دليـــل القلب لجميع الفئات ، كما يلاحظ انه جاء متشابها . وتدل النتائج على عدم وجود اختلافات كبيرة بين الدفع القلبى ودليـــل القلب بين الرياضيين فى وقت الراحة ، أما بالنسبة لحجم الضربة فان تحليل بيانات الجدول رقم ١٢ يوضح ان اكبر مقـــدار لوحظ لدى الفئات الاكبر سنا حيث كان المتوسط لدى مجموعة ١٧ — ١٨ سنة ٧٢ ملليلتر وهؤلاء الناشئين كانوا اقل فى الكفاءة البدنية (جدول ١٢) .

جـــــدول (١٢)

متوسطات الدفع القلبى لدى الرياضيين فى مختلف الأعمار السنية

(عن : كاريمان وآخرون ١٩٨٢)

الفئات السنية	الدفع القلبى ل/ق	حجم الضربة مل	الكفاءة البدنية كجم / ق	الوزن كجم	الطول سم	دليل القلب ل/ق/م٢	عدد الأفراد
١٧ — ١٨	٤ر٨٥	٧٢	١٣٥٤	٧١ر٨	١٧٥ر٣	٢ر٦	٣١
١٩ — ٢٠	٤ر٦٩	٧٥ر٨	١٥١٩	٧٣ر٦	١٧٧ر٦	٢ر٤٧	٥٤
٢١ — ٢٢	٥ر–	٨٠ر٦	١٥٢٧	٧٦	١٧٩	٢ر٥٨	٦٨
٢٣ — ٢٤	٥ر٢٥	٨٤ر٢	١٦٠٦	٧٩ر٨	١٧٩	٢ر٦٥	٧٠
٢٥ — ٢٦	٥ر٠٦	٧٩ر٥	١٦٧٥	٧٧ر٨	١٨٠	٢ر٥٧	٣٢
٢٧ — ٢٨	٥ر٠٦	٨٢	١٦٣٢	٦٨ر–	١٧٩	٢ر٥٧	٢٢
٢٩ فيمافوق	٥ر٠٤	٧٥ر٥	١٦٤٥	٧٩ر٦	١٨٠ر٦	٢ر٥٦	٢١

٥/٦/٣ — الدفع القلبى وبعض العوامل الفسيولوجية

٥/٦/٣/١ — الدفع القلبى ومعدل القلب :

يعتبر معدل القلب هو أهم عامل لتنظيم حجم الدفع القلبى بالاضافة الى تأثيره على حجم الضربة وهذه العلاقة لها اهميتها عند دراسة نشـاط القلب لدى الرياضيين بقدر ما يتسـع المدى فى الفروق الفردية بين الرياضيين ، وقد أصبح من المعروف أن التدريب الرياضى يؤدى الى بطء ايقاع القلب ، الا ان معدل القلب له علاقته بالقياسات التشريحية للجسم حيث لوحظ انخفاض معـدل القلب لدى الرياضيين الذين يتراوح مسطح الجسم لديهم ما بين ٥ر١ — ٢٩ر٢ متر٢ وعلى العكس يزيد معدل القلب كلما زادت مساحة مسطح الجسم .

ويلاحظ ان اكبر حجم للدم المدفوع فى الضربة الواحدة يلاحظ عنـدما تكون سرعة القلب بطيئة وعلى العكس يلاحظ انخفاض نسـبى لحجم الضربة لدى الرياضيين الذين لديهم زيادة فى معدل القلب .

٥/٦/٣/٢ — الدفع القلبى والفرق الشريانى الوريدى للاكسوجين وثانى اكسيد الكربون :

لم يلاحظ وجود علاقة بين حجم الدفع القلبى وفرق الاكسـوجين الشريانى الوريدى أو فرق ثانى اكسيد الكربون الوريدى الشريانى .

٦/٥/٣/٣ — الدفع القلبى وأوضاع الجسم المختلفة :

يؤدى تغيرا أوضاع الجسم فى الفراغ الى تغيرات فى عمـل القلب ولذا فان الحجم العادى للدفع القلبى يحسب من الوضع الأفقى للجسم ، ويقل عند تغيير وضع الجسم من الأفقى الى الرأسى حوالى ١٠٪ — ٢٥٪ كما يقل حجم الضربة حوالى ٤٠٪ .

ويختلف عمل القلب فى الراحة تبعا لاختلاف وضع الجسم حيث يقل مقدار الدفع القلبى فى الوضع الرأسى عنه فى الوضع الأفقى ، وعند تحويل وضع الجسم من الوضع الأفقى الى الوضع الرأسى فان حوالى ٣٠٠ — ٨٠٠ ملليلتر من الدم تتجه الى الأطراف السـفلى ، ولذا فان حجم الدم المركزى (حجم الدم السارى فى الدورة الصغرى) يكون أقل ٢٠٪ أثناء

الراحة فى الوضع الراسى عن وضع الرقود ، وكما هو معروف أن نقص حجم الدم المركزى يؤدى الى انخفاض حجـم الضربة ، ولذلك فان حجم الضربة فى الوضع الراسى يقل بمقدار ٤٠٪ عن الوضع الأفقى ، وكذلك فان معدل القلب اثناء الراحة يكون اعلى فى الوضع الراسى عن الوضـع الأفقى .

وعند اداء العمل العضلى عند مستوى متساوى لاستهلاك الأكسوجين (ولكن ليس عند أقصى حد) فان الدفع القلبى يقل فى الوضع الراسى عن الوضع الأفقى بحوالى ١ — ٢ لتر/دقيقة ، أما بالنسبة للحد الأقصى للدفع القلبى فأنه عادة يكون اكبر عند اداء الحمل الأقصى فى الوضع الراسى عنه فى الوضع الأفقى .

وعادة لا يزيد حجم الضربة الاقصى اثناء اداء العمل العضـلى فى الوضع الأفقى ، حيث لا يتعدى مقدار الزيادة حوالى ١٠ — ٢٠٪ بالمقارنة بوقت الراحة ، وتفسير ذلك يرجع الى أن حجم الضربة أثناء الراحة يبلغ اقصى مسـتوى له فى الوضع الأفقى مما لا يتطلب زيادة كبيرة عند أداء العمل العضلى ، ويزيد اقصى حد لحجم الضربة عند العمل على الدراجة الثابتة من وضع الجلوس أكثر منه من وضع الرقود ، وقد يصل الفرق الى حوالى ٤٠٪ . وأما بالنسـبة لمعد لالقلب ؛ فأنه يكون أكبر فى وضـع الجلوس عنه فى وضع الرقود ، كما يزيد الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين فى وضع الجلوس عنه فى وضع الرقود بحوالى ١٥٪ .

ويختلف نشاط القلب عند العمل العضلى فى الوضع الراسى بالنسبة لعمل الذراعين أو الرجلين ، حيث يزيد يزيد معدل القلب اكثر عند العمل العضلى بالذراعين أكثر من العمل العضلى بالرجلين وعند نفس المستوى من استهلاك الأكسوجين ، وتقريبا لا يتغير حجم الضربة عند الانتقال من حالة الراحة الى حالة العمل العضلى بالذراعين ، ويزيد الحـد الأقصى لحجم الضربة حوالى ٣٠ — ٤٠٪ عند العمل العضلى بالرجلين أكثر منه عند العمل العضلى بالذراعين ، وهذا يدل على أن انقباض عضـلات الرجلين (الضخ العضـلى) يلعب دورا هاما لزيادة حجم الدم بالدورة

الدموية الصغرى (حجم الدم المركزى) وبالتالى زيادة حجم الضربة أثناء العمل العضلى .

٤/٣/٦/٥ — الدفع القلبى ودرجة حرارة البيئة والجسم :

تؤثر درجة حرارة البيئة المحيطة على دينامية الدم ، وذلك بسبب محاولة الحفاظ على ثبات درجة حرارة الجسم ، وبناء على ذلك يزيد سريان الدم فى الشعيرات الدموية بالجلد للتخلص من الحرارة الزائدة عن طريق افراز العرق وتبخره ، وبناء على ذلك يزيد انتشار الدم فى الجسم، مما يتطلب زيادة الدفع القلبى لتعويض ذلك ، وقد لاحظ هذه الظاهرة كثير من الباحثين حيث لاحظ ويزلر وثاوير ١٩٤٣ Wezler, Thauer أن ارتفاع درجة حرارة البيئة من ١٥° الى ٥٠° سينتجراد ادى الى زيادة الدفع القلبى من ٣٨ر٢ الى ٥ر١١ لتر/دقيقة ، لاحظ هندرسن وهاجارد ١٩٢٥ Henderson, Haggard أن وضع الانسان فى الساونا عندما تكون حرارتها ٤٥° ادى الى زيادة الدفع القلبى من ٥ر٨ الى ٩ر١٥ لتر/دقيقة ، كما لاحظ بروش وهايمان ١٩٥٧ Burch, Hyman أن تغيير درجة الحرارة المحيطة بالانتقال من مناطق منخفضة الى مناطق حرارتها مرتفعة ادى الى زيادة الدفع القلبى من ١ر٥ الى ١٠ لتر/دقيقة ، ويجب ملاحظة أن زيادة الدفع القلبى قد حدث على حساب حجم الضربة .

٤/٦/٥ — الدفع القلبى والكفاءة البدنية :

مفهوم الكفاءة البدنية من المفاهيم الواسعة الانتشار فى مجالات فسيولوجيا الرياضة والعمل ، وفسيولوجيا الطيران والفضاء ، وكذلك فى المجال الطبى ، وبالرغم من ذلك فان مصطلح « الكفاءة البدنية » لم يتحدد مفهومه بدرجة كافية ، وبصفة عامة فان الكفاءة البدنية هى مقدرة الانسان على اداء عمل عضلى ذو شدة مرتفعة لفترة طويلة ، ويلاحظ أن هناك علاقة بين الكفاءة البدنية والتحمل ، حيث أن الكفاءة البدنية صفة مكتسبة من خلال التدريب ، وقد دلت التجارب على أن الكفاءة البدنية يرتفع مستواها ارتباطا بزيادة كفاءة الجهاز الدورى ، وعادة يستخدم الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين للتعبير الكمي عن مستوى الكفاءة

البدنية ، الا أن تحقيق ذلك له صعوبته على المختبرين ، ولذا نستخدم عادة اختبار PWC_{170} حيث أن نتائج هذا الاختبار لها علاقة كبيرة بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين حيث دلت دراسة كاربمان وآخرون ١٩٧٢ على أن معامل الارتباط بين نتائج اختبار الكفاءة البدنية والحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين يتراوح ما بين ٧٥ر. الى ٩٠ر.

جدول (١٢)

متوسطات الدفع القلبي أثناء الراحة لدى الرياضيين

تبعا لاختلاف مستوى الكفاءة البدنية

(عن : كاربمان وليوبينا ١٩٨٢)

مجموعات الرياضيين	مدى الكفاءة البدنية كجم / دقيقة	العينة	الدفع القلبي لتر / ق	حجم الضربة ملليلتر	معدل القلب ضربة/ق	دليل القلب ل/ق/م٢
الأولى	٨٠١ — ١١٠٠	٣٣	٦٠ر٤	٠ر٦٦	٤ر٧٠	٦٧ر٢
الثانية	١١٠١ — ١٤٠٠	٧٨	٩٣ر٤	٢ر٧٣	٦٨ر–	٦٤ر٢
الثالثة	١٤٠١ — ١٧٠٠	١٠٣	٩٤ر٤	٦ر٧٧	٤ر٦٤	٥٢ر٢
الرابعة	١٧٠١ — ٢٠٠٠	٧٥	٢٢ر٥	٤ر٩٠	٩ر٥٨	٥٦ر٢
الخامسة	اكثر من ٢٠٠١	٢٦	٣٥ر٥	٩ر٩٢	٥٨	٥٤ر٢

يلاحظ من الجدول (رقم ١٣) أن زيادة الدفع القلبى تبدو قليلة تبعا لزيادة الكفاءة البدنية الا بالنسبة للمجموعة الأولى ذات الكفاءة المنخفضة (٠مصارعين — ملاكمين — لاعبى رفع اثقال من الأوزان الخفيفة ولاعبى جمباز) حيث يلاحظ انخفاض واضح فى الدفع القلبى ، وبناء على هذا فان مستوى الكفاءة البدنية لا يرتبط كثيرا مع مستوى حجم الدفع القلبى اثناء الراحة ، الا ان الملاحظ من الجدول أن حجم الضربة يزيد مع زيادة مستوى الكفاءة البدنية فى وقت الراحة ، ومن الوضـــع الراسى ، حيث يلاحظ أن اقل حجم للضربة قد بلغ ٦٦ ملليلتر لدى المجموعة الاقل فى الكفاءة البدنية، بينما أعلى حجم للضربة بلغ ٩٢٫٩ ملليلتر لدى المجموعة الأعلى مستوى فى الكفاءة البدنية ، كما يلاحظ ان اكبر معدل للقلب كان لدى اقل مجموعة فى الكفاءة البدنية ، وبناء على ذلك يمكن القول أن زيادة مستوى الكفاءة البدنيـــة تنعكس على زيادة حجم الضربة وانخفاض معـــدل القلب اثنـــاء الراحة ، وبذلك يتقارب الدفع القلبى .

٥/٦/٥ — الدفع القلبى والاعداد البدنى للرياضيين :

يرتبط التدريب على التحمـــل برفع كفاءة الجهـــاز الدورى باعتباره الجهاز المسئول عن توصيل الاكسوجين للعضلات العاملة أثناء الأداء البدنى ولذا فان مستوى التحمـــل عادة يرتبط بدرجـــة كفاءة الجهـــاز الدورى ، وعلى العكس فان الذين يتدربون على أنشطة القـــوة والسرعة والتوافق لا يمتلكون هذه الكفاءة فى الجهاز الدورى وهـــذا بالطبع ينطبق على عمل الجهـــاز الدورى اثناء العمـــل العضلى .

ويوضح الجـــدول (١٤) متوسطات الدفع القلبى للرياضيين تبعـــا لتخصصاتهم المختلفـــة من الوضع الراسى ، ويلاحظ من الجـــدول أن اقل مستوى للدفع القلبى لدى لاعبى الجمبـــاز ، كما سجل لاعبو كرة السلة اعلى مستوى وكان ضمن هذه المجموعة ١٣ لاعبا اطوالهم أكثر من ٢ متر بينما لم يلاحظ فروق معنوية لدى باقى التخصصات الرياضية ونفس التغيرات بالنسبة لحجم الضربة فيما عدا لدى لاعبى كرة القدم والسلة حيث سجلوا أعلى معدلات (دراسة كاربمان وليوبينا ١٩٨٢) .

جـــــدول (١٤)

متوسطات الدفع القلبى فى مختلف التخصصات

(عن : كاربمان وليوبينا ، ١٩٨٢)

التخصص	الدفع القلبى (لتر/ق)	حجم الضربة (مل)	معدل القلب (ضربة/ق)	العمر (سنة)	مسطح الجسم (متر٢)	فهرس القلب (لتر/ق/م٢)	الكفاءة البدنية كجم/ق	العينة
الجمبـــاز	٤ر٦٠	٧١ر١	٦٥ر٢	٢١ر٧	١ر٧٢	٢ر٦٧	١٠٧٠	١٥
رفع الأثقـال	٤ر٩٤	٧٤ر٩	٦٦ر٦	٢٣ر٦	١ر٨٩	٢ر٥٨	١١٧٦	٢٠
كرة القـدم	٤ر٧٤	٦٩ر٤	٦٨ر٧	٢٢ر٤	١ر٨٦	٢ر٦٠	١٤٠٠	٢١
السباحة تحت الماء	٤ر٨٧	٧٢ر٤	٧٠ر٣	١٦ر٩	١ر٨٢	٢ر٧٣	١٤٢٣	١٦
الرقص على الجليد	٤ر٧٠	٧٣ر٧	٧٣ر٧	٢٢ر٨	١ر٨١	٢ر٦٠	١٥٢٨	٢٦
الانزلاق على الجليد	٤ر٨٥	٧٤ر٣	٦٥ر٩	٢٤ر٠	١ر٨٤	٢ر٥٨	١٦٦٠	٢٤
الخماسى الحـديث	٤ر٨٩	٨٤ر٨	٥٩ر٨	٢٢ر١	١ر٨٩	٢ر٥٥	١٦٦٠	٥١
كرة المـاء	٤ر٨٤	٨٨ر٩	٥٥ر٣	٢٣ر٥	٢ر١١	٢ر٣١	١٧٢٢	٣٦
كرة السـلة	٦ر٢١	٩٥ر٩	٦٤ر١	٢٤ر٠	٢ر٣١	٢ر٦٢	١٨٧١	٢٤

وقد اتجهت الدراسات فى السنوات الأخيرة للتعرف على تغيرات دينامية الدم لدى الرياضيين خلال الموسم التدريبى السنوى أو خلال موسمين تدريبيين . وبناء على هذه الدراسات لوحظ ان لاعبى الانزلاق والدراجات قد وصلوا خلال فترة المنافسات الى مستوى عال فى انخفاض معدل النبض ٤٨،٤ ضربة/دقيقة واعلى مستوى فى حجم الضربة ١٥٦ مللبلتر وكذلك أعلى مستوى للدفع القلبى ٧ لتر/دقيقة ، وقد لوحظ انخفاض هذه المستويات لدى اللاعبين ذوى المستويات الأقل (دوشانينا ١٩٧٥) وبناء على ذلك يمكن القول أن تحقيق الفورمة الرياضية يصاحبه ارتفاع فى مستوى الدفع القلبى أثناء الراحة مع زيادة حجم الضربة وانخفاض معدل القلب .

١/٥/٦/٥ — الدفع القلبى ودرجات شدة الحمل البدنى المختلفة :

دلت الدراسات فى الوقت الحالى على وجود علاقة موجبة بين الدفع القلبى ومقدار استهلاك الأكسوجين ، فكلما زاد استهلاك الأكسوجين أو زادت شدة الحمل البدنى يزيد الدفع القلبى حيث يرتبط استهلاك الأكسوجين بعدة عوامل منها سعة الدم الأكسوجينية وسرعة سريان الدم فى الجهاز الدورى وهذا يعنى الدفع القلبى ، ويمكن التعبير عن هذه العلاقة بأنها علاقة خطية ، ويوضح الجدول (١٥) تغيرات الدفع القلبى وارتباطها بتغيرات النسبة المئوية للحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين والتى تعبر عن شدة الحمل البدنى .

جـــدول (١٥)

ارتباط تغيرات الدفع القلبى بتغيرات شــدة الحمــل

كما يعبر عنها بالحــد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين

الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين	حجم الدفع القلبى لتر/دقيقة
٢١	٦ر١١
٢٧	٨ر١٢
٣٤	٨ر١٣
٤١	٠ر١٤
٤٩	٩ر١٥
٥٨	٣ر٢٠
٦٤	٧ر٢٢
٧١	٧ر٢٤
٧٨	٧ر٢٥

وقد أوضح كاربمان وليوبينا ١٩٨٢ العلاقة بين الدفع القلبى وشدة الحمل البدنى على الدراجة (الأرجوميتر) وفقا للمعادلة التالية :

$$Q = 0.012.\ N + 7.$$

حيث N = شدة الحمل البدنى علىالارجوميتر بالكيلوجرام متر/دقيقة .

وكما يلاحظ من الجدول (١٦) المطابقة بين حجم الدفع القلبى التجريبى وحجم الدفع القلبى المحسوب بالمعادلة وهذا يؤكد الارتباط بين الدفع القلبى وشدة الحمل البدنى ، ويمكن الاسترشاد بهــذه المعادلة للتنبؤ بالمقــدار الذى يجب أن يكون عليــه حجم الدفع القلبى المقــابل لشــدة الحمــل الا أن التعبير عن مقدار شــدة الحمل قد يتخذ اشكالا مختلفة مثل مقــدار استهلاك الأكسوجين او مقدار شــدة الحمــل أو سرعة الجرى او المشى أو الانزلاق وغــيرها .

جـــــدول (١٦)

متوسطات تغيرات الدفع القلبى اثناء اداء الحمل البدنى المتدرج الشدة

شدة الحمل كجم/ق	الدفع القلبى للرجال لتر/ق	الدفع القلبى للسيدات لتر/ق	الدفع القلبى المحسوب بالمعادلة لتر/ق
٢٠٠	—	٨ر٩	٩ر٤
٣٠٠	—	١٠ر٥	١٠ر٤
٤٠٠	١٢ر١	١١ر٥	١١ر٨
٥٠٠	١٣ر٣	١٣ر٣	١٣ر٠
٦٠٠	١٣ر٣	١٥ر٩	١٤ر٢
٧٠٠	١٥ر٢	١٥ر٥	١٥ر٤
٨٠٠	١٧ر٢	١٦ر٥	١٦ر٦
٩٠٠	١٧ر٥	١٩ر١	١٧ر٨
١٠٠٠	١٩ر٣	—	١٩ر٠
١١٠٠	٢١ر٥	—	٢٠ر٢
١٢٠٠	٢٣ر٥	—	٢١ر٤
١٣٠٠	٢٢ر٢	—	٢٢ر٦
١٤٠٠	٢٢ر٩	—	٢٣ر٨
١٥٠٠	٢٤ر٧	—	٢٥ر٠

٥/٦/٥/٢ — الدفع القلبى عند اداء الحمل الأقصى :

ترتبط مؤشرات الحد الاقصى لدينامية الدم لدى الأشخاص الأصحاء بعامل العمر والجنس كما يوضح الجـدول (١٧) أن عامل العمر من أهم العوامل المؤثرة حيث تزيد أهمية هذا العامل فى الفترة من ١٥ — ٣٥ سنة ، حيث يبـدأ الدفع القلبى لدى الاناث يقـل عنـه بالنسبة للذكور ابتداء من ١٣ — ١٤ سنة وهذا ينطبق ايضا على اقصى حجم للضربة والحد الأقصى لاسـتهلاك الأكسـوجين .

جـــــدول (١٧)

الحد الأقصى لديناميات الدم واستهلاك الاكسوجين لدى الأصحاء

(عن : Miyamura, Honda, 1973)

السن	الدفع القلبى (ل/ق)	معدل القلب (ضربة/ق)	حجم الضربة (مل)	فرق الأكسوجين (مل/ل)	الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين ٪ ل/ق
الذكـــــور					
٩ ـ ١٠	١٢ر٥	١٨٩	٦٦	١٠٢	١ر٢٦
١١ـ١٢	١٤ر٦	١٨٩	٧٧	١١٦	١ر٦٩
١٣ـ١٤	١٦ر١	١٨٥	٨٨	١٣٣	٢ر١٨
١٥ـ١٦	٢١ر٥	١٩٠	١١٤	١٣٦	٢ر٧٨
١٧ـ١٨	٢٢ر٠	١٨٨	١١٨	١٣٤	٣ر٠١
١٩ـ٢٠	٢١ر١	١٨٥	١١٤	١٣٥	٢ر٨٦
٢١ـ٢٢	٢٢ر٢	١٨٥	١٢٠	١٢٨	٢ر٩١
٢٣ـ٢٤	٢٢ر٥	١٨٨	١١٨	١٢٢	٢ر٧٧
٢٥ـ٢٩	٢١ر٨	١٨٥	١١٩	١٢١	٢ر٦٥
٣٠ـ٣٤	٢١ر٠	١٨٤	١١٤	١١٦	٢ر٤٦
٣٥ـ٣٩	١٩ر٧	١٨٣	١٠٨	١١٨	٢ر٤٤
٤٠ـ٤٤	١٨ر٧	١٨١	١٠٣	١٢٨	٢ر٤٥
٤٥ـ٤٩	١٩ر٤	١٨١	١٠٥	٩٨	١ر٨٧
٥٠ـ٥٤	١٦ر٧	١٧٨	٩٤	١٢٧	٢ر١٧

تابع جـــــدول (١٧)

السن	الدفع القلبى (ل/ق)	معدل القلب (ضربة/ق)	حجم الضربة (مل)	فـــرق الأكسـوجين (مل/ل)	الحد الأقصى لاستهلاك الأكسـوجين (ل/ق)
		الانــــــــــاث			
٩ ـ ١٠	٥ر١٠	١٨٣	٥٧	٩٥	٠٠ر١
١١ـ ١٢	٨ر١٤	١٨٧	٧٩	١١٦	٦٧ر١
١٣ـ ١٤	٠ر١٥	١٨٧	٨٠	١١٧	٧٥ر١
١٥ـ ١٦	٠ر١٥	١٩٣	٧٨	١٠٣	٥٥ر١
١٧ـ ١٨	٥ر١٥	١٩٢	٨٣	٩٨	٥٠ر١
١٩ـ ٢٠	٥ر١٥	١٨٣	٨٥	١٠٠	٥٠ر١

ويوضح الجدول (١٨) تسجيل لبيانات ٣٢ رياضى من لاعبى التحمل ويلاحظ أن متوسط الحد الأقصى لاستهلاك الاكسـوجين يبلغ ٤٤ر٥ لتر/دقيقة ويتراوح ما بين ٥ ــ ٦ لتر/دقيقة وقد بلغ لدى احد اللاعبين ٦٧ لتر/دقيقة .

جـــــدول (١٨)

متوسطات مؤشرات الجهاز الدورى والتنفسى لدى لاعبى التحمل
فى حالتى الراحة وعند اداء الحمـــل البـــدنى الأقصى
(عن : كاربمان وليوبينا ، ١٩٨٢)

المؤشـــــــرات	حالة الراحة	اقصى حمل بدنى
استهلاك الاكسـوجين (لتر/ق)	٤٦ر٠	٤٤ر٥
الدفع القلبى (لتر/ق)	٦٨ر٥	٤١ر٣٣
حجم الضربة (ملليلتر)	٠٠ر٨٠	٠٠ر١٧٨
معدل القلب (ضربة/دقيقة)	٠٠ر٧١	٠٠ر١٨٧
فرق الأكسـوجين الشريانى الوريدى (مل/لتر)	٠٠ر٨١	٠٠ر١٦٢

ويلاحظ من الجـــدول السابق أن الدفع القلبى اثناء الحمل الاقصى تضاعف ٩ر٥ مرات (١٤ر٣٣ لتر/دقيقة) وتضاعف حجم الضربة ٢ر٢ مرة.

٥/٦/٦ — حجم الضربة لدى الرياضيين :

يعتبر زيادة حجم الدم المدفوع مع كل ضربة من ضربات القلب من اهم اسباب سرعة سريان الدم اثنـــاء اداء الحمل البدنى ، ويزيد حجم الدفع القلبى على حساب زيادة حجم الضربة اساسا وعند ذلك ينخفض معـــدل القلب وبالتالى يقل مقدار الطاقة المبذولة على عمل عضلة القلب ، ولا يرتبط حجم الضربة بحجم البطينين اثناء الانبساط فقط ولكن ايضا بقوة انقباضهما اثنـــاء السيستول .

وفى حالة الراحة يصـــل حجم الضربة لدى الشباب غير الرياضيين حوالى ١٠٠ ملليلتر فى الوضع الأفقى ، وقد لا تزيد كثيرا عند العمل العضلى حيث تزيد حوالى ١٠ — ٢٠٪ بالنسبة لمقدارها أثناء الراحة وقد لا يتغير حجمها فى كثير من الأحوال ، وقد يصـــل اقصى حـــد لحجم الضربة حوالى ١٢٠ ملليلتر ، وبالنسبة للاناث فى نفس الوضع الأفقى يبلغ حجم الضربة ٧٠ ملليلتر واقصى حجم يبلغ حوالى ١٠٠ ملليلتر حيث يقـــل حجم القلب لدى الاناث حوالى ٢٥٪ بالنسبة للذكور .

وفى الوضـــع الرأسى أثناء الجلوس أو الوقوف يقـــل حجم الضربة حوالى ٣٠ — ٤٠٪ عن الوضـــع الأفقى حيث يصـــل لدى غـــير المدربين الى حوالى ٧٠ ملليلتر ، بينما قد يصل أثناء الحمل البدنى الى حوالى ١٣٠ ملليلتر ، وترتبط زيادة حجم الضربة بزيادة حجم الدم الســـارى فى الدورة الدموية وبصفة عامة فان الحد الأقصى لحجم الضربة لدى الرياضيين له مدى متسع حيث دلت دراسة كاربمان ١٩٨٢ على أنه يتراوح ما بين ١٠٠ - ٢٠٠ ملليلتر وفى المتوسط ٨ر١٥٥ ملليلتر وذلك فى الوضع الرأسى ، بينما يتراوح الحد الأقصى لحجم الضربة لدى الاناث ما بين ٩٠ — ١٦٠ ملليلتر بمتوسط قدره ٨ر١١٧ ملليلتر وهكذا يلاحظ ايضا أن الحد الأقصى لحجم الضربة يقل لدى الاناث عنه لدى الذكور بحوالى ٢٥٪ وهذا بالطبع يرتبط بحجم القلب لدى الجنسين ويرتبط اقصى حجم للضربة بمدى الكفاءة البدنية للفرد .

جـــدول (١٩)

متوسطات الحد الأقصى لحجم الضربة ومستوى الكفاءة البدنية للرياضيين

(عن : كاربمان وليوبينا ١٩٨٢)

مستويات الرياضيين	عـــدد الأفراد	الحد الأقصى لحجم الضربة (ملليلتر)
المجمـــوعة الأولى	٣٠	١١٠ر٥
المجمـــوعة الثانيـــة	٦٦	١٣٩ر٤
المجمـــوعة الثالثـــة	١٠٩	١٥٤ر٩
المجمـــوعة الرابعـــة	٨٥	١٧٧ر٣
المجمـــوعة الخامسـة	٢٥	١٨٥ر٤

ويلاحظ من الجدول رقم (١٩) أن المجموعة الخامسة وهى افضـــل مجموعة فى الكفاءة البدنية يزيد لديها الحد الأقصى لحجم الضربة حيث يتراوح المـــدى ما بين ١٥٨ — ٢٢٠ ملليلتر كما يتراوح الحـــد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين ما بين ٥ — ٨٦ر٥ لتر/دقيقة .

٤/٦/٧ — معدل القلب لدى الرياضيين :

يعتبر معدل القلب من اهم العوامل لتنظيم حجم الدفع القلبى سواء اثناء اداء الحمل البدنى ذو الشدة المنخفضة او الشدة المرتفعة ، وقد تم دراسة معدل القلب عند اداء مختلف الأحمال البدنية من حيث الشدة وزمن الأداء ، وكلما ارتفعت كفاءة الفرد البدنيـــة كلما انخفض معـــدل القلب وهذا يظهر ميزة القلب الرياضى حيث انه لا يعطى انتاجا أكثر فقط ولكن ايضا أكثر اقتصادا .

وعادة يبلغ متوسط معـــدل القلب لدى الشـــباب الأصحاء حوالى ٧٠ ضربة/دقيقة وعندما يكون حجم الضربة ٧٠ ملليلتر فان الدفع القلبى يبلغ حوالى ٥ لتر فى الدقيقة ، بينما يزيد معدل القلب لدى الاناث عن الذكور

حيث يبلغ فى المتوسط حوالى ٧٥ ضربة/دقيقة ويزيد معدل القلب أثناء العمل العضلى ، وعندما تكون شدة الحمل معتدلة فان زيادة معدل القلب تتناسب مع زيادة حجم الضربة مع الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين الا ان اقصى حد لحجم الضربة يمكن ان يصل اليه القلب عندما يكون معدل القلب ما بين ١١٠ — ١٢٠ ضربة/دقيقة وتكون زيادة الدفع القلبى بعد ذلك على حساب زيادة عدد الضربات ويمكن للدفع القلبى أن يزيد بمقدار ٥ — ٦ مرات بالمقارنة بحجمه أثناء الراحة بينما يزيد حجم الضربة مرتان وفى المتوسط من ٤٠ — ٥٠ ، وهذا يعنى أن معدل القلب يجب أن يتضاعف ٣ مرات أو اكثر للوصول الى اقصى حجم للدفع القلبى . ويزيد معدل القلب تبعا لزيادة شدة الحمل البدنى او الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين الا ان معدل القلب قد يصبح بطيئا بعض الشىء قبل الوصول الى الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين وخاصة بالنسبة للاشخاص غير المدربين .

وبالنسبة للاناث فانه يلاحظ زيادة معدل القلب مع انخفاض حجم الضربة عند تحقيق نفس مستوى الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين بالمقارنة بالذكور ، ولهذا فان معدل القلب يكون اعلى فى الاناث عنه فى الذكور عند اداء نفس الحمل البدنى بنفس الشدة وتبلغ هذه الزيادة فى المتوسط حوالى ١٠ — ١٥ ضربة/دقيقة .

وينخفض معدل القلب مع النمو منذ الميلاد حتى ٢٠ — ٢٥ سنة فى وقت الراحة لدى الافراد من نفس الجنس ، الا ان معدل القلب فى الأعمار المختلفة له علاقة خطية مع الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين كما أن معدل القلب لدى الأطفال وكبار السن عند اداء الحمل الأقل من الأقصى يكون أعلى منه بالنسبة للشباب (٢٠ — ٣٠ سنة) كما يقل الحد الأقصى لمعدل القلب تدريجيا مع زيادة العمر فمثلا يبلغ الحد الأقصى لمعدل القلب لدى الذكور والاناث فى عمر ١٠ سنوات ٢١٠ ضربة/دقيقة وفى عمر ٢٥ سنة للذكور والاناث ١٩٥ ضربة/دقيقة وفى عمر ٥٠ سنة ١٧٥ ضربة/دقيقة وفى عمر ٦٥ سنة ١٦٥ ضربة/دقيقة ، وبالاضافة الى النشاط العضلى فان هناك عوامل اخرى لها تأثيرها على زيادة معدل القلب مثل التوتر الانفعالى

وارتفاع درجة حرارة الجسم أو البيئة والتدخين وعند اداء النشاط البدنى المعتدل والمصاحب بالتوتر يزيد ايضا معدل النبض عنه فى حالة عدم وجود التوتر ، بينما يختفى تأثير هـذا التوتر فى حالة اداء الحمل المرتفع الشدة .

ونظرا لسهولة قياس معدل القلب فقد امكن عمليا استخدامه فى تقنين حمل التدريب والتعرف الفورى على مدى ملاءمة الحمـل لمستوى الحالة التدريبية للاعب وفترة استعادة الاستشفاء ، وتقنين فترات الراحة البينية خلال التدريب الفترى وكذلك تحديد شدة الحمل الملائمة تبعا لمعدل القلب ، وقد يرجع ذلك الى ارتباط معدل القلب بكثير من العمليات الفسيولوجيـة الأخرى الهامة مثل معدل استهلاك الاكسوجين ، والعتبة الفارقة اللاهوائية وتغيرات وظائف الكلى اثناء النشاط الرياضى .

وقد وضع كارفونن ١٩٥٧ Karvonen معادلة شهيرة لتحديد شدة الحمل الملائمة اثناء التدريب Target Heart Rate ولتحقيق هـذه المعادلة يتم جمع معدل القلب اثناء الراحة و ٦٠٪ للفرق بين معـدل القلب اثناء الراحة والحد الاقصى كما يلى :

معـدل القلب اثناء التدريب = معـدل القلب فى الراحة + ٦٠٪ (اقصى معدل القلب — معدل القلب فى الراحة) .

ويتم تحديد اقصى حد لمعدل القلب بخصم العمر من ٢٢٠ او ٢٢٥ .

ويستخدم معدل القلب لتحديد مستوى شدة الحمل البدنى من الناحية الفسيولوجية حيث توجد علاقة طردية بين معدل القلب (فى حدود معينة) وبين شدة الحمل البدنى حيث يكون الحمل ذو شدة منخفضة اذا ما كان معدل القلب اقل من ١٣٠ ضربة / دقيقة ، وعند زيادة معـدل القلب اكثر من ١٨٠ ضربة / دقيقة ، فان هذا الحمل يعتبر اقصى شدة (جدول ٢٠).

جـــدول (٢٠)

تقسيم درجات شدة الحمل البدنى تبعا لمعدل القلب

(عن : زاتسيورسكى ١٩٧٨)

معـــدل القلب	درجات شدة الحمل البدنى
اقل من ١٣٠ ضربة / دقيقة	المنخفض
١٣١ — ١٥٠ ضربة / دقيقة	المتوسط
١٥١ — ١٦٥ ضربة / دقيقة	فوق المتوسط
١٦٦ — ١٨٠ ضربة / دقيقة	الأقل من الأقصى
أكبر من ١٨٠ ضربة / دقيقة	الأقصى

ويمكن استخدام مجموع ضربات القلب خلال فترة أداء العمـــــل العضلى ، الا ان قياس ذلك يعتمد على أجهزة خاصــــة لم تنتشر بعد فى المجال التطبيقى الرياضى ، الا ان المدرب يستطيع أن يقيس معدل القلب بعد اداء التدريب مباشرة ثم يقوم بضرب معدل القلب فى عدد الدقائق التى استمر فيها اداء الحمل البدنى ، ومثال فى حالة تسجيل معدل القلب ١٥٠ ضربة / دقيقة ، وزمن العمل العضلى كله ٤٠ دقيقة فيكون مجموع ضربات القلب = ١٥٠ x ٤٠ = ٦٠٠٠ ضربة ، اما اذا كان المدرب يســـــتخدم تمرينات مختلفة الشدة فيمكن حساب المجموع الكلى لكل تمرين على حدة ثم يجمع المجموع النهائى لضربات القلب .

كما يمكن تحديد اتجاه هدف حمل التدريب من خلال تحديد معـــــدل القلب ، فاذا كان معـــدل القلب أثناء الأداء لا يتعدى ١٥٠ ضربة / دقيقة فان هذا الحمل يدخل تحت مسمىالتدريبات الهوائية ، اما اذا كان معدل القلب يتراوح ما بين ١٥٠ — ١٨٠ ضربة / دقيقة ، فهذا الحمل يشتمل على كلا نظامى انتـــاج الطاقة الهوائى واللاهوائى ، أما اذا كان معـــدل القلب اكثر من ١٨٠ ضربة دقيقة ، فهذا الحمـــــل يكون لاهوائيا ، وهذا بالنسبة للاعبى المستويات العليا .

وبناء على ذلك فان اســـتخدام معدل بطىء للقلب يمكن أن ينمى التحمل ، لكنه لن ينمى الحد الاقصى لاستهلاك الاكســوجين ، بينما يؤدى استخدام التدريبات ذات الشدة العالية الى زيادة التحمل ، وكذلك الحد الأقصى لاستخلاص الاكسوجين مع مراعاة عامل السن .



(شـــكل ٥٧)

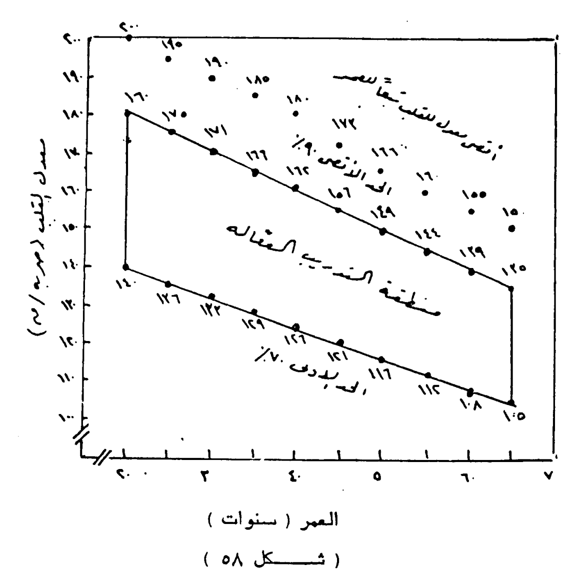
قياس معدل النبض من ثلاث شرايين مختلفة بطريقة الجس .

(أ) الشريان السباتى Carotid Artery

(ب) الشريان الصدغى Temporal Arteyr

(جـ) الشريان الكعبرى Radial Artery

(عن : كاتش ومك أردل ١٩٨٣ Katch and Mc Ardel)



(شـــكل ٥٨)

الحد الأقصى لمعدل القلب والمدى المحدد للتدريبات الهوائية

(عن : كاتش ومك اردل ١٩٨٣ Katch and Mc Ardel)

جـــدول (٢١)

تحديد معدلات القلب أثناء التدريب على التحمل الهوائى

العمر بالسنوات	الحد الأقصى لمعدل القلب ١٠٠٪	٥٠٪	معدل القلب اثناء الوقوف فى الراحة (ضربة / دقيقة) ٦٠٪	٧٠٪	٨٠٪	٩٠٪
٥	٢٠٥			١٥١ — ١٩٥	١٥٥ — ١٩٥	١٥٩ — ١٩٥
١٠	٢١٠			١٥٤ — ٢٠٠	١٥٨ — ٢٠٠	١٦٢ — ٢٠٠
١٥	٢٠٥		١٤٧ — ١٩٥	١٥١ — ١٩٥	١٥٥ — ١٩٥	١٥٩ — ١٩٥
٢٠ — ٢٥	٢٠٠	١٤٠ — ١٩٠	١٤٤ — ١٩٠	١٤٨ — ١٩٠	١٥٢ — ١٩٠	١٥٦ — ١٩٠
٣٠	١٩٥	١٣٧ — ١٨٥	١٤١ — ١٨٥	١٤٥ — ١٨٥	١٤٩ — ١٨٥	١٥٣ — ١٨٥
٣٥	١٩٠	١٣٤ — ١٨٠	١٣٨ — ١٨٠	١٤٢ — ١٨٠	١٤٦ — ١٨٠	١٥٠ — ١٨٠
٤٠	١٨٥	١٣١ — ١٧٦	١٣٥ — ١٧٦	١٣٩ — ١٧٦	١٤٣ — ١٧٦	١٤٧ — ١٧٦
٤٥	١٨٠	١٢٨ — ١٧١	١٣٢ — ١٧١	١٣٦ — ١٧١	١٤٠ — ١٧١	١٤٣ — ١٧١
٥٠	١٧٥	١٢٥ — ١٦٦	١٢٩ — ١٦٦	١٣٣ — ١٦٦	١٣٧ — ١٦٦	١٤٠ — ١٦٦
٥٥	١٧٠	١٢٢ — ١٦٢	١٢٦ — ١٦٢	١٣٠ — ١٦٢	١٣٤ — ١٦٢	١٣٧ — ١٦٢
٦٠	١٦٥	١١٩ — ١٥٧	١٢٣ — ١٥٧	١٢٧ — ١٥٧	١٣١ — ١٥٧	١٣٤ — ١٥٧
٦٥	١٦٠	١١٦ — ١٥٢	١٢٠ — ١٥٢	١٢٤ — ١٥٢	١٢٨ — ١٥٢	١٣١ — ١٥٢
٧٠	١٥٥	١١٣ — ١٤٧	١٢٧ — ١٤٧	١٢١ — ١٤٧	١٢٥ — ١٤٧	١٢٨ — ١٤٧

ويلاحظ من الجدول ان الرقم الاول فى كل خانة هو معدل القلب عند الحد الأدنى فى التدريب وهو ناتج معادلة كارفونن اى انه مجموع ٦٠٪ من الفرق بين الحد الاقصى والادنى لمعدل القلب ومعدل القلب اثناء الراحة ، أما الرقم الثانى وهو الأعلى فيمثل ٩٥٪ من المعدل الاقصى للقلب ، واذا ما تدرب اللاعب على مستويات اعلى من ٩٥٪ من معدل القلب فانه بذلك ينمى التحمل اللاهوائى مع ملاحظة أن هذه المستويات تستخدم مع الأصحاء .

ظاهرة بطء معدل القلب : Bradycardia

اذا قل معدل القلب عن ٦٠ ضربة فى الدقيقة فان هذه الظاهرة تسمى بطء القلب وهى تقابل بكثرة لدى الرياضيين ، ومثال على ذلك ان معدل القلب لدى لاعبى الجرى مسافات طويلة أثناء الراحة تصل احيانا الى ٤٠ ضربة/دقيقة .

ظاهرة سرعة معدل القلب : Tachycadia

اذا زاد معدل القلب عن ٩٠ ضربة / دقيقة فتسمى هذه الظاهرة « سرعة معدل القلب » ويرتبط معدل القلب بوضع الجسم فهى تزيد فى وضع الوقوف عنها فى وضع الجلوس أو الرقود ، كما يتاثر معدل القلب بالعوامل النفسية حيث يزيد فى حالة الانفعال ، ويؤدى العمل العضلى الى زيادة معدل القلب ، وترتبط تغيرات ايقاع القلب فى هذه الحالة بعدة ظروف مثل العمر والجنس ، فعند القيام بعمل بدنى موحد تزيد سرعة القلب عند الاناث اكثر من الذكور وتزيد لدى الأطفال والمراهقين أكثر من البالغين ، ويصل معدل القلب فى معظم الأحوال اثناء اداء النشاط البدنى الى ١٦٠ — ١٨٠ ضربة / دقيقة ، وفى بعض الأحيان تزيد عن ذلك لتصل الى ٢٢٠ ضربة / دقيقة .

يزيد معدل القلب تبعا لزيادة الحمل أو استهلاك الاكسوجين بالنسبة لكل من الشخص المدرب وغير المدرب وفى بعض الحالات قد تقل هذه الزيادة قبل الوصول الى الحد الأقصى لها مباشرة ، ويجب التذكر ان

بمجرد وصول حجم الضربة الى اقصاه (عادة عند الحمل من الأقصى) فان زيادة الدفع القلبى بعد ذلك يمكن ان تكون على حساب زيادة معدل القلب ومن الملاحظ هنا ان نفس التأثيرات العصبية والهرمونية المسـئولة عن زيادة حجم الضربة هى نفسها المسئولة عن زيادة معدل القلب وللتدريب الرياضى تأثيرا واضحا على معدل القلب حتى اثناء الراحة ، وكمثال على ذلك فان معدل القلب لدى لاعبى المستويات العليا أثناء الراحة وقد يكون منخفض وقد يصل الى اقل من ٤٠ ضربة/دقيقة بالنسبة لكلا الجنسين ، وعلى العكس من ذلك فان سرعة القلب لغير المدربين الأصحاء قد تكون عالية حوالى ٩٠ ضربة / دقيقة وتعتبر سرعة القلب البطيئة اثناء الراحة من خصائص الأشخاص المدربين .

واثناء النشـاط الرياضى فان سرعة القلب ايضـا تكون أقل عند نفس المستوى لاستهلاك الاكسوجين بمقارنة المدرب بغير المدرب بالنسبة لكلا الجنسين غير ان سرعة القلب تكون أعلى قليلا بالنسـبة للاناث عن الذكور ويرجع ذلك كما ذكرنا سـابقا الى أن الانثى عندما تعطى انتاجا اكبر من الدفع القلبى فانها يجب أن تزيد من سرعة القلب لتعويض صغر حجم الضربة ، هذا بالاضافة الى أن التدريب الرياضى يؤدى الى انخفاض الحد الاقصى لسرعة القلب من ٢٠٠ الى حوالى ١٨٥ الى ١٩٠ ، كما يزيد ايضا كفاءة الأداء البدنى والحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين ، لذلك فان الحد الاقصى لسرعة القلب لدى المدربين تكون عندما يحقق الشخص حملا أعلى ومستويات أعلى من استهلاك الأكسوجين .

ويجب الاشارة الى أن معدل القلب المنخفض نسبيا . والذى يقابله كبر نسبى فى حجم الضربة يعتبر من مؤشرات كفاءة الجهاز الدورى وذلك يرجع الى ان نفس حجم الدفع القلبى يدفعـه القلب بعدد أقل من ضرباته ومثال على ذلك فى حالة النشاط الرياضى وصل الدفع القلبى الى ٢٠ لترا فى الدقيقة وكان حجم الضربة ١٥٠ ملليلتر/دقيقة وبذا يصبح معدل القلب.

معدل القلب = الدفع القلبى / حجم الضربة = ٢٠ لتر / ١٥٠ر لتر

= ١٣٣ ضربة / دقيقة

وبالنسبة لغير المدرب فانه يحتاج الى ١٦٧ ضربة لينتج نفس كمية الدفع القلبى المذكورة فى حالة ما يكون حجم الضربة ١٢٠ ملليلتر ويطبق أيضا ذلك على حالة الراحة ، وبالنسبة لنفس الحجم من الدفع القلبى تقل الحاجة الى الأكسوجين كلما كانت سرعة القلب أبطأ مع كبر حجم الضربة .

٥/٦/٨ — النشاط الكهربائى لعضلة القلب :

تستخدم طريقة رسم نشاط القلب الكهربائى Electro Cardiograph (ECG) لتسجيل نشاط عضلة القلب الكهربائى ، كما يحدث بالنسبة لأى عضلة أثناء عملها ويسمى رسم القلب الكهربائى Electrocardiogram وتظهر موجة القلب على شكل منحنيات لهـا خمس ذبذبات هى P,Q,R,S,T ومن خلال مؤشرات هذه المنحنيات يمكن التعرف على كثير من وظائف القلب من حيث التلقائية والاستثارة والتوصيل كما يمكن الحكم على التغيرات التشريحية لعضلة القلب مثل التضخم والاحتشاء وتصلب القلب ونقص عمليات التغذية لعضلة القلب (المرتبطة بالاجهاد البدنى أو التسمم نتيجة البؤر الصديدية وحالة الدورة الدموية التاجية) ومن المهم جدا للرياضيين استخدام رسم القلب الكهربائى لتقييم تغيرات نشاط القلب الكهربائى بعد الحمل البدنى المقنن أو حمل المنافسة وكذلك طبيعة وفترة استعادة النشاط الكهربائى للقلب لحالته الطبيعية .

من دراسة رسم القلب يمكن تحديد معدل القلب وذلك بقياس المسافة بين الذبذبتين(R—R) ، وتقاس المسافة بين الذبذبة (P—Q) حيث تدل هذه المسافة على انتقال الاستثارة الكهربائية من الأذينين الى البطينين ثم تدل المسافة (QRS) على انتقال الاستثارة خلال البطينين ، كما تدل المسافة (QT) على النشاط الكهربائى لانقباض عضلة القلب . ولحساب هذه المسافات يتم عد الخطوط الطولية وبالضرب فى ٠.٢ر. ثانية يتم تحديد الزمن بين كل ذبذبة وأخرى ، ومثال على ذلك فاذا كانت المسافة بين P—Q تقدر بعدد ٨ خطوط فيحسب الزمن كالآتى :

PQ = ٨ × ٢٠ر. = ١٦ر. ثانية

QRS = ٤ × ٢٠ر = ٨٠ر. ثانية

وعادة فان زمن المسافة PQ يتراوح ما بين ١٢ر الى ٢٠ر ثانية .

وبالنسبة QRS يتراوح ما بين ٨٠ر. الى ١٠ر. ثانية .

ويقاس السيستول الكهربائى من بداية الذبذبة Q حتى آخر الذبذبة T وهذه المسافة ترتبط بمعدل ضربات القلب وتقارن بما يجب أن تكون عليه (المفروضة) والتى يتم حسابها من جداول خاصة ، وتدل نقص او زيادة السيستول المحسوبة عن الفرضية باكثر من ٠٤ر ثانية على اختلال فى وظائف عضلة القلب ، كما أن زيادة فترة التوصيل بين الأذينين والبطينين عن ٢٠ر ثانية (P—Q) تدل على بطء توصيل الاستثارة من الأذينين الى البطينين ، وقد تدل على حالة الاجهاد الناتج عن الحمل الزائد فى التدريب او فى عمليات التعليم ، كما تدل زيادة فترة توصيل الاستثارة فى البطينين عن ١٠ر ثانية على زيادة حجم القلب او على سوء توصيل الاستثارة فى الحزمة البطينية The ventricular bundle or Bundle of HIS

دلت دراسة بوتشينكو ١٩٦٨ Botshinko على عدم ارتباط العقدة الأذينينية Sinoatrial Node بزيادة حجم القلب وكذلك فترة التوصيل للعقدة الأذينية البطينية Antioventricular node (المرحلة P—Q) لا ترتبط كذلك بزيادة حجم القلب لدى الرياضيين والرياضيات ولا تتغير تحت تاثير التدريب الرياضى ، وعادة ما يلاحظ لدى الرياضيين اتجاها لزيادة فترة التوصيل داخل البطينين (مرحلة QRS) بالمقارنة بغير الرياضيين ، الا أنها لا تزيد عن الحدود الطبيعية ، كما وجدت علاقة موجبة بين حجم القلب لدى الرياضيين من الذكور والاناث وفترة توصيل الاشارات الكهربائية داخل البطينين حيث تدل زيادة فترة QRS على اتساع حجم تجويف القلب واعتدال تضخم عضلته .

وتزيد فترة النشـــاط الكهربائى السيستولى تبعا لزيادة حجم القلب وهذا ما يفسر العلاقة الســـــلبية بين زيادة حجم القلب ومعدل القلب فى الدقيقة .

وقد قام فوربس كارليل ١٩٦٣ Forbs Carlile بمتابعة الرسم الكهربائى للقلب لدى سباحى المنتخب الاسترالى قبل الاشتراك فى دورة روما الاولمبية ١٩٦٤ ، وقد لاحظ من خـــلال ذلك عدم ظهور الذبذبة T بشكلها الطبيعى عند شعور السباحين بالتعب وكذلك عند ملاحظة انخفاض مستوى الاداء فى السباحة ، حيث لوحظ انخفاض فى مقـــدار ارتفاعها أو بعض التسطح لها ، وقد لاحظ زيادة ارتفاع الذبذبة R خلال ٨ اسابيع من التدريب لدى ٢٤٪ من السباحين وبنسبة ٣١٪ للسباحات . وقد فسر ذلك نتيجة تأقلم عضلة القلب على المجهود العنيف فى التدريب مما أدى الى زيادة قوة الانقباض وزيادة ارتفاع الذبذبة R .

٩/٦/٥ ــ خصائص الطاقة وتغيرات الدورة القلبية أثناء التدريب:

بالاضافة الى تأثير التدريب الرياضى على الدفع القلبى ومعدل القلب وحجم الضربة ، توجد تأثيرات اخرى لأداء الحمل البدنى تظهر فى شـــكل اختلاف التمثيل الغذائى لعضلة القلب اثناء النشـــــاط البدنى، عنها اثناء الراحة وتغيرات الدورة القلبية من حيث فترة دوامها واختلاف توزيعهـــا الزمنى على عناصرها الأساســـية ، وتختلف هذه التغيرات تبعا لاختلاف شدة الحمل البدنى وتوزيعه ، فعندما يكون القلب يقوم بوظائفه عند الحد الاقصى فى الوقت الذى يصل فيه ايضا استهلاك الاكسوجين الى الحـــد الاقصى ، فان توزيع شدة الحمل (المقاومة) على مجموعات عضلية اكثر يساعد على زيادة فترة الاستمرار فى العمل ، ومثال ذلك اذا كانت هنـــاك شدة حمل مقاومتها الكلية ٢١٠٠ كيلوبوند / دقيقة فان العمل ضـــد هذه المقاومة بعضلات الرجلين فقط يمكن ان يستمر حوالى ٣ دقائق ، بينما اذا وزعت هذه المقاومة ما بين عضـــــلات الرجلين ١٥٠٠ كيلوبوند / دقيقة وعضلات الذراعين ٦٠٠ كيلوبوند / دقيقة ، فان زمن الاستمرار فى العمل يستمر لمدة مضاعفة تبلغ حوالى ٦ دقائق .

١/٩/٦/٥ — التمثيل الغذائى لعضلة القلب اثنـــاء التدريب الرياضى :

تتميز عملية امداد القلب بالطاقة بعدة خصائص هامة حيث تعمـل عضلة القلب على حساب الطاقة الهوائية (باستخدام الاكسوجين) بينما يمكن للعضلات الهيكلية العمل فى وجود الاكسوجين (هوائى) ، وكذلك فى حالة غيابه (لاهوائى) ، وكما هو معروف أن عمليات التمثيل الغذائى الهوائى تتم داخل جســيمات الميتوكوندريا بالألياف العضلية حيث تتميز ألياف عضلة القلب بزيادة الميتوكوندريا عن ألياف العضلات الهيكلية حيث تشكل حوالى ٤٠٪ من الحجم الكلى لليفة ، ويستخدم القلب عدة مصادر يتم أكسدتها لانتاج الطاقة وتشمل الجلوكوز والأحماض الدهنية وحامض اللاكتيك ، وهذه المواد يحملها الدم الى القلب وهكذا يتم توفير الاكسوجين ومصادر الطاقة بصفة مستمرة لعضلة القلب ، وحتى فى وقت الراحة فان البطين الايسر يستهلك كمية كبيرة من الاكسوجين حيث تصل الى ٥ر١ — ٢ ملليلتر اكسوجين لكل ١٠٠ جرام من كتلة البطين ، وعندما ينقبض البطين فى وقت الراحة يتراوح استهلاك البطين الايسر من الاكسوجين ٨ — ١٠ ملليلتر اكسوجين /١٠٠ جرام فى الدقيقة ، وعند زيادة شدة العمل العضلى يزيد استهلاك الأكسوجين وقد يصل الى ٨٠ ملليلتر / ١٠٠ جرام / دقيقة.

وعادة ما تتساوى نسبة الاعتماد على مصادر الطاقة لعضلة القلب اثناء الراحة حيث تتقارب هذه النسب فتكون للجلوكوز ٣١٪ والاحماض الدهنية الحـرة ٣٤٪ وحامض اللاكتيك ٢٨٪ وما يقرب من نصـف هذه الطاقة تكون فى شكل حرارة ، بينما النصف الآخر يعمل على تركيب *ATP*

وعند العمل العضلى تزيد عملية انتاج الطاقة كما ان نسب مساهمتها أيضا تتغير حيث تقل نسبة مساهمة الجلوكوز بدرجة كبيرة بينما تقـل بدرجة قليلة نسبة استهلاك الاحماض الدهنية الحرة بينما تزيد بدرجـة كبيرة نسبة مساهمة حامض اللاكتيك فى انتاج الطاقة ، وعلى سبيل المثال فعند أداء الحمل البدنى الهوائى الأقل من الأقصى ، فان انخفاض نسبة

مساهمة الجلوكوز والاحماض الدهنية الحرة تكون متقاربة حيث تبلغ حوالى ٢/٢ بالنسبة لمستوى المساهمة وقت الراحة ويصبح حامض اللاكتيك هو المصدر الاساسى لانتاج الطاقة حيث تبلغ نسبة الطاقة التى ينتجها القلب عن طريق اكسدة حامض اللاكتيك حوالى ٥٠٪ من مجموع الطاقة الكلية ويمكن ان تزيد هذه النسبة الى ٦٠٪ او اكثر اثناء اداء الحمل الاقصى .

وعند زيادة شدة الحمل يزيد انتاج حامض اللاكتيك فى العضلة ، وبالتالى فى الدم ، وفى نفس الوقت يزيد استهلاك عضلة القلب لحامض اللاكتيك (والعضلات الهيكلية) وتعتبر عملية استهلاك القلب لحامض اللاكتيك بعد الحصول عليه من الدم من العمليات الهامة للاحتفاظ بمستوى الكفاءة البدنية اثناء العمل العضلى ذو الشدة المرتفعة حيث يؤدى ذلك تعطيل زيادة تركيز حامض اللاكتيك بالدم ، وبذلك ينخفض التوازن الحمضى القلوى للدم (pH الدم) وكلما كان حجم عضلة القلب اكبر زاد استهلاكه لحامض اللاكتيك ، ولذا فان هناك علاقة عكسية بين حجم القلب ونسبة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم الشريانى اثناء الحمل الهوائى الاقصى .

٢/٩/٦/٥ — تغيرات الدورة القلبية اثناء التدريب الرياضى :

تتغير مراحل انقباض وانبساط عضلة القلب اثناء اداء الحمل البدنى، ويوضح الجدول التالى حالة الدورة القلبية بأجزائها المختلفة قبل اداء الحمل البدنى فى فترة الراحة ثم اثناء اداء الحمل البدنى ولمدة ٥ دقائق (جدول ٢٢) .

جـــدول (٢٢)

تغيرات معـــدل القلب ، ودوام دورة القلب ومراحلها

خلال النشـــــاط البدنى

(عن : كاريمان ١٩٨١)

المتغــــــيرات	قبل الاداء	اثنــــاء الأداء (دقيقـــة)				
		١	٢	٣	٤	٥
معدل القلب (عدد الضربات فى الدقيقة)	٦٦	١٤٠	١٤٥	١٥٢	١٥٥	١٥٧
زمن الدورة القلبية (ثانية)	٩٠٦ر٠	٤٢٨ر٠	٤١١ر٠	٣٩٤ر٠	٣٨٥ر٠	٣٨٠ر٠
* الانقباض اللاتلازمى فى بداية السيستول (ثانية)	٠٦٩ر٠	٠٦١ر٠	٠٥٩ر٠	٠٦٠ر٠	٠٥٨ر٠	٠٥٧ر٠
الانقباض الايزومترى (ثانية)	٠٥٣ر٠	٠١٠ر٠	٠٠٥ر٠	٠٠٥ر٠	٠٠٤ر٠	٠٠٣ر٠
فترة دفع الدم (ثانية)	٢٣٤ر٠	١٨٣ر٠	١٧٢ر٠	١٦٧ر٠	١٦٠ر٠	١٥٩ر٠
فترة الدياستول (ثانية)	٥٥٠ر٠	١٧٤ر٠	١٧٥ر٠	١٦٢ر٠	١٦٤ر٠	١٦١ر٠

* الانقباض اللاتلازمى يكون فى بداية السيستول فى الوقت الذى لا تكون فيه الاستثارة لم تصل الى جميع الألياف العضلية للبطينين .

ويلاحظ من الجدول ان جميع المراحل السيستولية اثناء الاداء قلت فترة استمرارها مع تقارب فترة الانقباض الايزومترى الى الصفر مع زيادة شدة الاداء ، ويرجع السبب فى قصر هـذه الفترة الى زيادة ارتفاع ضغط الدم داخل البطينين ، وتقل فترة دفع الدم حتى ١٢ر. — ١٥ر. ثانية ، وبصفة خاصة تقل فترة الدياستول بدرجة ملحوظة ، وعلى سبيل المثال فعند العمل البدنى الذى يؤدى الى زيادة سرعة القلب حتى ٢٠٠ نبضة/ دقيقة تقل فترة الدياستول حتى تصل الى ١٠ر. — ١٣ر. ثانية ، ويتم ملىء البطينين عند هذه السرعة العالية للقلب خلال فترة ٠٥ر — ٠٨ر. ثانية ، ويتم استعادة الحالة الطبيعية لمراحل الدورة القلبية خـلال فترة الاستشفاء تدريجيا .

الفصل السادس

٦ ـ الأوعيـــة الـــدموية

٦ – الأوعيـــة الــدموية

١/٦ – مقـــدمة :

تعتبر الأوعية الدموية هى الجزء المكمل للجهاز الدورى حيث يتكون من القلب والأوعية الدموية ، وكلا الاثنان يعملان على تسهيل حركة سريان الدم بالجسم وهى ما يطلق عليها « الدورة الدموية » ، وتدخلنا تناول القلب فى فصل خاص به والأوعية الدموية فى فصل آخر لسهولة العرض والدراســـة ، الا أن الجهاز الدورى يعمل متعاونا ليقوم بوظيفته ككل ، فالقلب يقوم بضخ الدم والأوعية الدموية تستقبل هذا الدم لتقوم بتوزيعه على جميع انسجة الجسم ثم تعود به مرة اخرى الى القلب اســـتكمالا للدورة الدموية ، وتختلف الأوعية الدموية من حيث تركيبها ووظيفة كل منهـــا .

٢/٦ – انواع الأوعية الدموية :

تقوم الأوعية الدموية بوظيفة نقل الدم خلال جميع اجزاء الجســـم وهى خمسة انواع تختلف طبقا لوظيفتها ونوعية تركيبها ، وتشـــــمل الشرايين والشرينات والأوردة والوريدات والشعيرات الدموية .

١/٢/٦ – الشرايين والشرينات :

تتميز الشرايين بجدران سميكة تتكون من ثلاث طبقات تحتوى على نسيج مطاط له الفضــل فى الاحتفاظ بضغط الدم ، وتتفرع الشرايين الى أوعية دموية صغيرة ، وهى تشبه فى تركيبها الشرايين الا ان قطرها اقل منها وهى الشرينات ، وتقوم الشرايين بوظيفة نقل الدم من القلب الى جميع انسجة الجسم ، فنتيجة لانقباض عضلة القلب يندفع الدم فى كل مرة خلال الشرايين ، مما يؤدى الى ارتفاع ضغط الدم الشريانى وتسرى موجـــة النبض الشريانى فى شكل تذبذب ايقاعى لجدران الشرايين ، ويمكن تحديد النبض الشريانى عن طريق الجس بالأصابع على رســـغ اليد ، ويمكن الاسترشاد بمعدل سرعة النبض فى الحكم على معدل سرعة القلب ، الا

انه يلاحظ عدم تطابق هذان المعدلان فى بعض الحالات المرضية ، لذا يحسب معدل سرعة القلب من على القلب مباشرة .

٢/٢/٦ — الشعيرات الدموية :

وهى اهم جــزء وظيفى للدورة الدموية حيث يتم من خلالهــا تبادل الغازات نظرا لطبيعة تكوينها من طبقة واحــدة رقيقــة ، ويختلف عدد الشعيرات الدموية فى مختلف الانسجة ، فهى تكون اكثر فى الانسجة التى يزيد فيها التمثيل الغذائى ، ولذا فان عدد الشعيرات فى ١ مم٢ من عضلة القلب يزيد بالضعف عن العضلات الهيكلية ، كما يختلف ضغط الدم أيضا فى مختلف الشعيرات الدموية حيث يتراوح ما بين ٨ — ٤٠ مم زئبق ، كما وانه لا يتساوى ضغط الدم حتى فى الشعيرة الواحدة حيث يزيد فى الجهة الشريانية ويقل فى الجهة الوريدية . واثناء الراحــــة تعمل فقط بعض الشعيرات ، اما الباقى فانها تعمل فى حالة النشاط البدنى فتتفتح ويزيد سريان الدم الموضعى .

وقد ثبت ان ١ مم٢ من مساحة العضلة الهيكلية تعمل به ٣٥ — ٨٥ شعيرة اثناء الراحة ، بينما يزيدهذا العدد اثناء النشـــــاط البدنى ليصبح حوالى ٢٥٠٠ الى ٣٠٠٠ شعيرة .

٣/٢/٦ الأوردة والوريدات :

يتكون الوريد من نفس تركيب الشريان الا أن جداره اقل ســـمكا وقطره أكبر اتساعا ، كما يحتوى الوريد على جزء أكبر من النسيج الليفى وتقل به طبقة النســــيج العضلى والمطاط ، وهو يقوم بنقــل الدم من الشعيرات الى القلب ، وتحتوى الأوردة على صمامات تسمح بمرور الدم فى اتجاه القلب وعدم تأثره بالجاذبية الأرضية ، وتشبه الوريدات تركيب الأوردة الا انها اصغر منها فى قطرها ، ويتحرك الدم من الشــــعيرات الدموية الى الوريدات فالأوردة الصغيرة ثم الأوردة الكبيرة فالوريد الأجوف العلوى والسفلى الذى يصب الدم فى الأذين الأيمن لعضلة القلب ، ويقل سريان الدم وضغط الدم فى الأوردة عنه فى الشرايين ، الا أن ضغط الدم يمكن أن يرتفع فى الأوردة الطرفية اثناء تمرينات القوة حيث يتحرك الدم

من الشعيرات الدموية الى الأوردة لحظة ارتخاء العضلة وعند الانقباض العضلى تعتصر الأوردة ويخرج منهـا الدم ليصب فى الأوردة الكبرى ، وتعرف هذه الظاهرة باسم « الضخ العضلى » .

٣/٦ — الدورة الدموية :

الدورة الدموية هى حركة الدم المستمرة فى الجسم بواسطة الجهاز الدورى الذى يشمل القلب مصدر الطاقة المسببة لحركة الدم ، والأوعية الدموية المسئولة عن نقل وتوزيع الدم على أجزاء الجسم ، وبفضل ذلك تنال أنسجة الجسم متطلباتها من الأكسوجين والمواد الغذائية فى كل لحظة من لحظات الحيـاة .

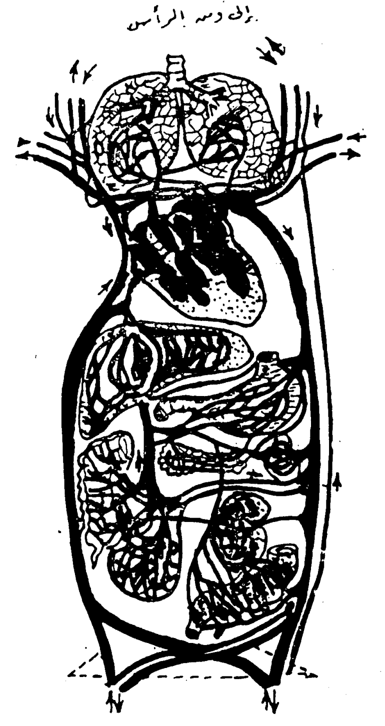
تحدث حركة الدم فى الجسم داخل دائرة مغلقة يتحرك الدم خلالها نتيجة لاختلاف الضغط الناتج عن عمل القلب ، وهناك دورتان للدم احدهما تسمى الدورة الكبرى والأخرى تسمى الدورة الصغرى (شكل ٥٢) .

١/٣/٦ — الدورة الكبرى :

تبدأ من البطين الأيسر الذى يدفع الدم المؤكسد ليأخـذ طريقـه مارا بالشريان الأورطة — الشرايين — الشرينات — الشعيرات الدموية — الوريدات — الأوردة — ثم تنتهى الدورة فى الوريد الأجوف الذى يصب الدم فى الأذين الأيمن . ومن خلال جدران الشعيرات الدموية تتم عملية التبادل بين الدم والأنسجة حيث يعطى الدم الشريانى الأكسوجين ويحمـل معه ثانى أوكسيد الكربون .

٢/٣/٦ — الدورة الصـغرى :

تبدأ من البطين الأيمن الذى يدفع الدم غير المؤكسد الى الشرايين الرئوية فالشرينات والشعيرات الدموية ، وتنتهى بالأوردة الرئوية التى تصب الدم فى الأذين الأيسر ، ويتخلص الدم فى الشعيرات الدموية من ثانى أوكسيد الكربون ويحمل بالأكسوجين .



(شـــكل رقم ٥٢)

الدورة الدمـــوية

٦/٤ — دينامية الدم Hemodynamics :

يطلق مصطلح « دينامية الدم » على دراســـة القوانين الطبيعيـــة المتحكمة فى سريان الدم ، وهناك أساسين فى هذا المجال هما :

١ — ضغط الدم وهو القوة الموجهة لحركة الدم خلال الجهاز الدورى

٢ — مقاومة سريان الدم وهى المقاومة التى تقابل القوة الموجهة لحركة الدم فى الأوعية الدموية .

ويمكن التعبير عن العلاقة بين هذان العاملان وسريان الدم أو الدفع القلبى كما يلى :

الدفع القلبى = ضغط الدم ÷ مقاومة سريان الدم .

وتعتبر هــذه المعــادلة الأساسية لهيموديناميكية الدورة الأساسية والتى يمكن استخدام أشكالها الجبرية الأخرى كالآتى :

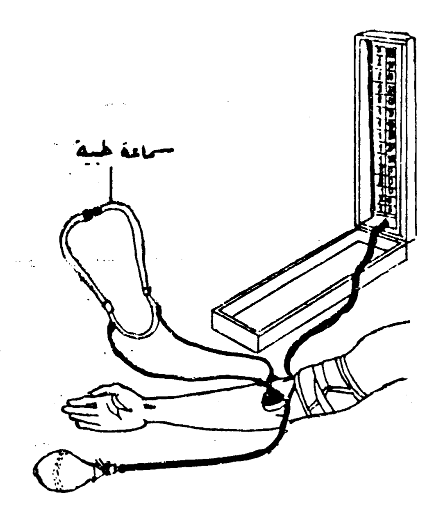
ضغط الدم = الدفع القلبى x سريان الدم .

مقاومة سريان الدم = ضغط الدم ÷ الدفع القلبى .

والآن نتكلم عن كل من ضغط الدم ومقاومة سريان الدم كل على حدة .

٦/٤/١ — ضـــغط الدم :

يعتبر الضغط هو القوة المحركة للدم داخل الجهــاز الدورى بمعنى أن الدم يسير من منطقة ذات ضغط عال الى أخرى أقل ضغطا فالدم ينتقل من البطين الأيسر الى الأورطة حيث ينقبض البطين الأيسر فيرتفع الضغط داخله لينتقل الدم الى منطقـــة أقل ضغطا وهى الأورطـــة ثم من الأورطة الى الشرايين الأخرى ثم الشرينات فالشعيرات الدموية فالوريدات ثم الأوردة حتى يصب مرة أخرى فى الأذين الأيمن للقلب وذلك بسبب اختلاف الضغط فى كل منطقة عن الأخرى .



(شـــكل رقم ٥٣)
جهـــاز قيـــاس ضـغط الدم

١/١/٤/٦ — الضغط الانقباضى والانبساطى :

وعند اندفاع الدم من البطين الأيسر الى الأورطة أثناء انقباض القلب يرتفع الضـغط الى حـــده الأقصى وعندما يرتخى البطين يقـــل ضـغط الدم الى الحد الأدنى وتختفى تذبذبات الضـغط فى الشـعيرات الدموية أو تقـــل الى الحد الأدنى لأن الشرايين تتميز بالمطاطية ولذلك فان جدرانها تتمدد أثناء الضـغط الانقباضى وترتد اثنـــاء الضـغط الانبســاطى وتؤدى مطاطيـــة الشرايين الى زيادة مقاومة سريان الدم (خاصـــة فى الشرينات) لضمان ثبات سريان الدم فى الشـعيرات حتى تعطى الفرصة لاتمام عمليـــة تبادل الغازات وتوفير الغذاء للأنسجة من خلال الشـعيرات الدموية .

٢/١/٤/٦ — الضغط الشريانى المتوسط :
Mean Arterial Pressure :

يعتبر الضغط الشريانى المتوسط من المؤشرات الهامة التى تستخدم لتحـــديد سرعة سريان الدم فى الجهاز الدورى وتحـــديد متوسط الضغط ليس ســـهلا فهو لا يعنى متوسط مجموع الضغط الانقباضى والانبساطى لذا فاننا يجب ان نتوخى الدقة فى حساب ذلك حيث أن الضغط المتوسط عبارة عن مجموع الضغط الانبساطى وثلث الفرق بين الضغط الانقباضى والانبساطى (ضغط النبض Pluse Pressure) كما يأتى :

الضغط المتوسط = الضغط الانبساطى + ١/٣ ضغط النبض .

مثال على ذلك : اذا كان الضغط الانقباضى ١٢٥ مم زئبق والضغط الانبساطى ٨٠ مم زئبق فيمكن اســـتخراج الضغط المتوسط بنـــاء على الخطوات التاليـــة :

الضغط المتوسط = ٨٠ الضغط الانبساطى + (١/٣ ٤٥ ضغط النبض)

الضغط المتوسط = ٨٠ + ١٥ = ٩٥ مم زئبق .

٣/١/٤/٦ — تغـــيرات ضـــغط الدم :

هناك عدة عوامل مختلفة لها تأثيرها على مقدار ضغط الدم مثل :

— حجم الدم الذى يدفعه القلب خلال وحدة زمنية الى الأورطة .
— شدة سريان الدم من الأوعية المركزية الى الأوعية الطرفية .
— ســـعة الأوعية الدموية .
— مطاطية جـــدار الشرايين .
— لزوجـــة الدم .

ويرتبط حجم الدم الوارد الى الشرايين بقوة انقباض عضلة القلب، كما أن سريان الدم من الشرايين يرتبط بمقاومة الأوعية الطرفية ولذا فان

الضغط فى الشرايين يزيد ارتفاعه نتيجة قوة انقباض القلب وزيادة المقاومة الطرفيـــة .

ويلاحظ أن مستوى الضغط لا يتساوى خلال الدورة القلبية فهو أكبر فى لحظة السيستول وأقل فى لحظة الدياستول . ويسمى الضغط الأكبر الانقباضى « السيستولى » ويسمى الضغط الأقل الانبساطى « الدياستولى » ولا يصل الضغط الدياستولى الى الصفر خلال ارتخاء البطينين ولكنه يبقى مرتفعـــا بفضل مطاطية جـــدار الشرايين وأثناء انقباض البطينين تمتلىء الشرايين بالدم الذى لا يلحق بالوصول الى الأوعية الطرفية ولكنه يعمل على مط جـــدران الشرايين الكبيرة وفى وقت ارتخاء القلب لا يلقى الدم فى الشرايين أى ضغط من القلب ولكن الضغط الواقع عليه فى هذه الحالة يعتبر ضغط جـــدران الشرايين التى كانت قد مطت أثناء انقباض القلب وتعود لوضعها الأول بفضل خاصية المطاطية .

وتحدث تذبذبات ضغط الدم أثنـــاء انقباض وارتخاء عضلة القلب فى الأورطة والشرايين فقط أما مستوى ضغط الدم فى الشرينات والشعيرات والأوردة يبقى ثابتا خلال كل مراحل الدورة القلبية ، ويعكس ضغط الدم فى الشعيرات مستوى « ضغط الدم المتوسط » الذى هو عبارة عن ناتج ضغط الدم خلال الدورة القلبية ولذا فانه يعتبر مقدار الضغط الذى يضمن سريان الدم فى الشرينات بدون تذبذب الدم أثناء السيستول والدياستول ، ويعنى هذا أن ضغط الدم المتوسط يعبر عن طاقة حركة الدم المستمرة ، ويقترب مقداره من الضغط الانبساطى .

ويتراوح الضغط الانقبـــاضى لدى الأشـــخاص الأصـــحاء البالغين فى الشريان العضـــوى ما بين ١١٠ — ١٢٥ مم زئبق ، وبناء على بيانات منظمة الصـــحة العالميـــة فان ضـــغط الدم الانقبـــاضى لدى الأشخاص من ٢٠ — ٦٠ ســـنة قد يصـــل الى ١٤٠ مم زئبق ويعتبر عاديا ، بينما اذا ارتفع عن ذلك فانه يعتبر ضغطا مرتفعا واذا قل عن ١٠٠ مم/زئبق فانه يعتبر ضغطا منخفضـــا ، ويبلغ الضغط المتوسط لدى الأشـــخاص الأصحاء ما بين ٨٠ — ٩٠ مم زئبق .

أما بالنسبة للضغط الانبساطى فانه عادة ما يزيد بمقدار ١٠ مم زئبق عن نصف الضغط الانقباضى بمعنى انه يكون فى حدود ٦٠ — ٨٠ مم زئبق

ويسمى الفرق بين كل من الضغط الانقباضى والضغط الانبساطى « ضغط النبض » أو « السعة النبضية » ويبلغ متوسطه عادة حوالى ٤٠ مم زئبق وعند ارتفاع أو انخفاض ضغط الدم الانقباضى فانه بالتالى يتغير الضغط المتوسط والضغط الانبساطى .

وبالنسبة لكبار السن يرتفع ضغط الدم نظرا لزيادة صلابة جدران الشرايين أكثر منها لدى الأصغر سنا بينما ينخفض الضغط لدى الأطفال عنه بالنسبة للكبار .

ولا يتساوى مستوى ضغط الدم فى مختلف الشرايين فانه قد يختلف وقد يصل ذلك ايضا الى اختلاف الضغط فى شريان العضد الأيمن عن الأيسر وكذلك يختلف فى شرايين الأطراف العليا عنه فى شرايين الأطراف السفلى ولدى معظم الأفراد يكون ارتفاع ضغط الدم أعلى فى الأطراف السفلى ويدل اختلاف ضغط الدم فى كلا العضدين على عدم تشابه الحالة الوظيفية لجدران الشرايين .

ويتغير ضغط الدم تحت تأثير عوامل مختلفة وعلى سبيل المثال فانه يرتفع فى حالة الاستثارة الانفعالية نتيجة لزيادة نشاط القلب مع ضيق الأوعية الدموية .

٣/٤/٦ — مقاومة سريان الدم :

تحدث مقاومة سريان الدم نتيجة للاحتكاك بين الدم وبين جدران الأوعية الدموية المار بها وكلما زادت درجة الاحتكاك كلما زادت مقاومة سريان الدم ويتسبب فى هذا الاحتكاك ما يأتى :

١ — درجة لزوجة الدم .

٢ — طول الوعاء الدموى .

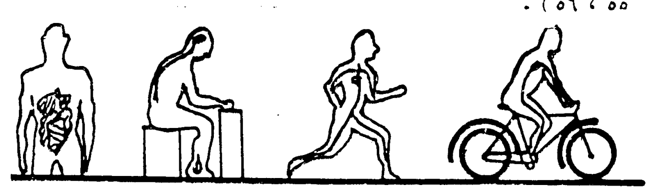
٣ — قطر الوعاء الدموى .

وكمثال على ذلك أن زيادة الكرات الحمراء نتيجة التدريب فى المرتفعات تؤدى الى زيادة لزوجة الدم مما يزيد من الاحتكاك ومقاومة سريان الدم ، وكذلك الوعاء الدموى الأطول يعتبر ذو سطح وعائى أكبر يلامس الدم ويزيد المقاومة .

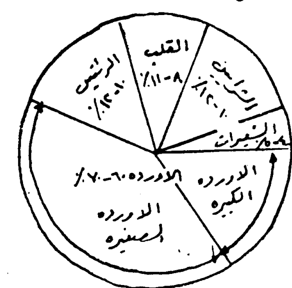
وعندما يقل قطر الوعاء الدموى (الانقباض الوعائى) تزيد مقاومة سريان الدم حيث ان القطر الأصغر يؤدى الى تعريض جزء اكبر من الدم فى الوعاء الدموى للاحتكاك ويحدث عكس ذلك فى حالة اتساع الوعاء .

٣/٤/٦ — توزيع سريان الدم :

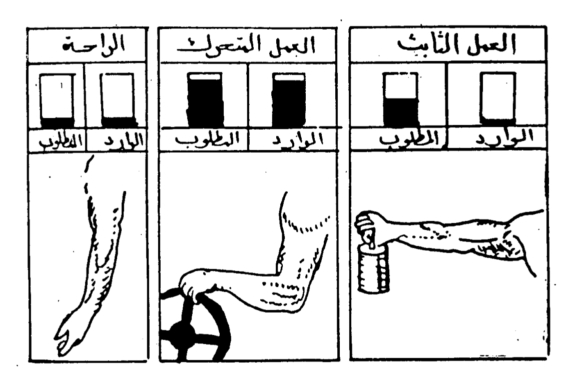
يختلف توزيع الدفع القلبى على اعضاء الجسم تبعـا لحالة الراحة او العمل البدنى ، ففى حالة الراحة يصـل العضلات فقط ١٥ — ٢٠٪ من حجم الدم الكلى بينما يذهب معظم الدم الى اعضاء الجسم الداخليـة بينما ينعكس الوضع اثناء العمـل البـدنى فيوجه الجزء الأكبر من الدم الى العضلات العاملة حوالى ٨٥ — ٩٠٪ من الحجم الكلى للدم وهذا يعنى ان العضلات تستقبل حوالى ٢٥ لتر من كمية الدم الكلية فى الدفع القلبى اثناء النشاط الرياضى والتى قد تصـل الى ٣٠ لتر/دقيقة (شكل ٥٤ ، ٥٥ ، ٥٦) .



(شـــكل رقم ٥٤)
اختلاف توزيع الدم تبعا لاختلاف عمل الجسم



(شـــكل رقم ٥٥)
توزيع حجم الدم فى الجهاز الدورى اثناء الراحة



(شـــكل رقم ٥٦)
نسبة الدم الوارد الى الدم المطلوب لعضلات الذراع
فى حالات العمل الثابت والمتحرك والراحة

ويرجع السبب فى اختلاف توزيع الدم الى ما يأتى :

١ — انعكاس الانقبـــاض الوعائى للشريـنـــات المغذية لاعضـــاء الجسم غير النشطة خاصة أعضاء التجويف البطنى والجلد .

٢ — انعكاس الاتســاع الوعائى للشرينات المغذية للعضلات العاملة خاصة قبل او فى البداية المبكرة لاداء الحمل البدنى .

٣ — اتساع اوعيـــة العضـــلات العاملة نتيجة زيادة الحرارة الموضعية وثانى اكسيد الكربون ومستوى حامض اللاكتيك مع قلة الاكسوجين خاصة مع استمرار النشاط البدنى .

وهـــذه الانعكاســـات العصبية تتوافق مع الانعكاســـات العصبية والهرمونية وسرعة القلب وزيادة الدم الوريدى العائد للقلب . ويزيد سريان الدم الى القلب (حيث أنه يعتبر عضلة نشطة) أثناء النشـــاط الرياضى كنتيجة لاتساع الأوعية الدموية بينما يبقى مستوى الدم الوارد الى المخ كما هو فى حالة الراحة وفى حالة زيادة درجة الحرارة يزيد سريان الدم الى الجلد بينما تقل نتيجة لذلك كمية الدم المتجهة الى العضلات العاملة .

من المعروف ان الشرايين تحمــل الدم المحمــل بالاكسوجين والذى تستهلكه أنسجة الجسم فى انتاج الطاقة ليعود الدم من خــلال الأوردة الى القلب ثم الى الرئتين ليحمل الاكسوجين مرة اخرى ويتخلص من ثانى اكسيد الكربون ، وعلى هــذا فهل يعنى أن الدم الوريدى لا يحمل جزءا من الأكسوجين ؟ وبالطبع الاجابة أن الدم الوريدى ايضـا يحمــل كمية من الأكسوجين الا أن كمية الاكسوجين بالوريد تقــل عن كميته بالشريان وكلما زاد هذا الفرق كلما دل على زيادة استهلاك الاكسوجين بالأنسجة وهذا الفرق يسمى « فرق الاكسوجين الشريانى — الوريدى » وهذا الفرق ايضا يتأثر بتوزيع الدم حيث أن الأنسجة الأكثر نشاطا (العضلات الهيكلية العاملة) تستهلك اكسوجين اكثر من الأنسجة غير النشطة مما يزيد فرق الأكسوجين الشريانى — الوريدى .

ويؤدى التــدريب الرياضى الى زيادة فرق الأكسوجين الشريانى — الوريدى خاصة خلال الحمل الاقصى بالنسبة للشبات الا أن الفرق بالنسبة للرجال والســيدات لا يزيد كثيرا تحت تأثير التدريب الرياضى ولم يعرف حتى الآن السبب فى ذلك . حيث يرجع زيادة الفرق فى الشباب الى زيادة استهلاك الأكسوجين فى العضلات العاملة .

٥/٦ — تنظيم وظيفــة الأوعية الدموية :

توجد فى جــدران الشرايين والشرينات عضلات ناعمة تعمــل على تضييق قطر الأوعية عند انقباضها فتزيد مقاومة سريان الدم وعند ارتخائها يتسع الوعاء الدموى فتقل مقاومة سريان الدم وتتم عملية انقباض هــذه العضلات تحت تأثير اشارات عصبية ترد اليها عن طريق اعصاب خاصة قادمة من المركز الحركى الوعائى الموجود بالنخاع الشوكى ، حيث توجد بهذا المركز خلايا عصبية حركية قابضة وباسطة للأوعيــة ، اما بالنسبة للأوعية الدموية الصــغيرة فان انقباضها يتم عن طريق نشاط الخــلايا العصبية الحركية القابضة للأوعية واذا ما أثبط عمل هذه الخلايا فان هذه الأوعية تتســع ، وتتم استثارة المركز الحركى الوعائى نتيجة اشــارات حسية قادمة من مختلف المستقبلات الحسية بالجسم (الجلد — العضلات — الأعضــاء الداخلية وغــيرها) ولكن الدور الأكبر فى ذلك هو ما تقوم به

المستقبلات الحسية الضغطية الموجودة داخل هذه الأوعية وتتم استثارتها عن طريق زيادة ضغط الدم والتغيرات الكيمائية لمكونات الدم . كما تتأثر جدران الأوعية الدموية ايضا ببعض الهرمونات التى يحتوى عليهـــا الدم فهرمونات الغدة فوق الكلية الادرينالين والنورادرينالين يعملان على انقباض عضلات الشرايين والشرينات فى جميع أجزاء الجسم فيما عدا عضلة القلب والرئتين والعضلات العاملة بينما يكون تأثيرها الأكبر على اوعية التجويف البطنى والجلد ، بينما تؤدى مواد اخرى الى اتساع جدران الأوعية الدموية مثل الاستيل كولين .

٦/٦ — الأوعية الدموية والتدريب الرياضى :

١/٦/٦ — دور الأوعية الدموية فى توزيع الدم على الجسم :

تقوم الأوعية الدموية بامداد اعضاء الجسم بالدم اللازم لها ويزيد حجم هـــذا الدم نتيجة :

١ — زيادة حجم الدفع القلبى .

٢ — اعادة توزيع الدم حيث يقل توجيه الدم الى الاعضاء غير العاملة ليتجه معظمه الى الأعضاء العاملة .

فاذا كان حجم العضو النشط ليس كبيرا فان سريان الدم يزيد بدون زيادة ملحوظة فى الدفع القلبى ومثال على ذلك اتجاه الدم الى الجهــــاز الهضمى عند الهضم . ويبلغ زمن مرور الدم خـــلال الدورة الدموية أثناء الراحة ٢٠ — ٢٥ ثانية ، يستغرق مرور الدم فى الدورة الصغرى ٥/١ هذا الوقت والباقى يتم فى الدورة الكبرى ولكن اثناء النشاط البدنى يقل هذا الزمن وقد يصل الى ٨ ثوان وكلما زاد طول قامة الانسان يزيد زمن الدورة الدمـــوية .

ويعتبر زيادة الدفع القلبى واعادة توزيع الدم بين الأعضاء العاملة وغير العاملة وأنسجة الجسم من اهم استجابات الجهـــاز الدورى أثناء العمـــل العضلى .

٦/٦/١/١ — امداد المخ بالدم :

يمثل المخ حوالى ٢٪ من كتلة الجسم (حوالى ١٤٠٠ جرام للرجل البالغ) الا انه بالرغم من ذلك يستهلك حوالى ٢٠٪ من استهلاك الأكسوجين الكلى وقت الراحة وبالتالى يكون نصيبه حوالى ١٣٪ من حجم الدفع القلبى حوالى ٧٥٠ ملليلتر من الدم لدى الرجال البالغين ، وتبلغ سرعة سريان الدم فى وقت الراحة خلال انسجة المخ حوالى ٥٠ — ٦٠ ملليلتر/دقيقة/١٠٠ جرام من انسجة المخ ، ويستهلك الجزء الرمادى من انسجة المخ كمية اكسوجين اكثر من الجزء الأبيض حيث يستهلك الجزء الرمادى حوالى ٣ ملليلتر اكسوجين بينما يستهلك الجزء الأبيض حوالى ٥ر. ملليلتر اكسوجين/دقيقة/١٠٠ جرام ، وعند اقصى اتساع لأوعية المخ يزيد سريان الدم ٣ — ٤ مرات بالمقارنة بوقت الراحة ويمكن ان تصل سرعة سريان الدم فى تشرة المخ ١٠٠ ملليلتر/دقيقة/ ١٠٠ جرام ، وفى الجزء الأبيض ٢٥ ملليلتر / دقيقة / ١٠٠ جرام وقد ثبت الآن ان امداد الدم لأجزاء المخ يتغير تبعا لتغير نشاط هذه الأجزاء وكمثال على ذلك زيادة سريان الدم فى المناطق المسئولة عن الحركة اثناء النشاط الحركى بحوالى ٥٠٪ ازيد من مستواها اثناء الراحة فى الوقت الذى لا يتغير سريان الدم الكلى للمخ ، وعندما يكون تركيز العمل على حاسة البصر يزيد سريان الدم فى المناطق المسئولة عن البصر فى المخ بينما يقل فى المناطق الحس حركية وفى المناطق الأمامية لا يتغير . وعند العمل الذهنى يزيد سريان الدم فى الجزء المؤخرى الصدغى وما بعد المنتصف بينما لا يتغير فى مناطق الاحساس الحركى وما بعد الجزء المقدمى . إلا انه يجب ملاحظة ان امداد المخ بالدم فى مختلف الظروف يبقى معدله ثابتا حيث لا يتأثر بتغيير وضع الجسم او الهضم او ارتفاع او انخفاض درجة حرارة الجو وغيرها من العوامل الأخرى ، وحتى فى حالة انخفاض ضغط الدم الى حوالى ٤٠ مم زئبق فى حالة النزيف بدرجة كبيرة او عندما يرتفع الى ٢٠٠ مم زئبق ، ولا يتغير سريان الدم فى المخ بأكثر من اجزاء من المائة حيث أن ثبات استمرار امداد المخ بالدم له اهميته فى الحفاظ على وظائفه الحيوية ولا تتأثر الأوعية الدموية فى المخ بدرجة كبيرة بتأثيرات الأعصاب السمبثاوية وكذلك الهرمونات حيث يتم التأثير على سريان الدم بالمخ

من خلال التحكم الموضعى الذاتى تحت تأثير زيادة او انخفاض توتر ثانى اكسيد الكربون بالدم الشريانى ، وعلى هذا يمكن تفسير حالة فقد الوعى اذا ما قام الشخص بأداء تهوية رئوية بطريقة ارادية سريعة (زيادة عدد مرات التنفس وعمقه) حيث يقل توتر ثانى اكسيد الكربون فى الدم الشريانى ، وبالتالى يقل تركيز أيون الهيدروجين فى المخ مما يؤدى الى ضيق الأوعية الدموية به مما يؤدى الى احتمال فقد الوعى ويؤدى توتر الاكسوجين بالدم الشريانى الى تأثير عكس ثانى اكسيد الكربون فعند نقص الاكسوجين تتسع الأوعية الدموية وعند زيادته تضيق ، فعند استنشاق هواء غنى بغاز الاكسوجين (خاصة تحت الضغط) فان ذلك يؤدى الى ضيق الأوعية الدموية بالمخ (وانخفاض عمليات الاكسدة فى الخلايا العصبية) وعادة يبقى توتر الاكسوجين فى الدم الشريانى بدون تغيير فى الظروف العادية وكذلك عند اداء العمل العضلى فيما عدا حالة المرتفعات ، وعندما ينخفض ضغط الاكسوجين اقل من ٥٠ — ٦٠ مم زئبق تحدث زيادة كبيرة فى سريان الدم فى المخ .

٢/١/٦/٦ — امداد القلب بالدم :

يظل القلب يعمل بنشاط خلال جميع لحظات الحياة وبذلك يبقى دائما فى حاجة الى الاكسوجين عن طريق امداده بالدم ويبلغ وزن القلب فى الرجال حوالى ٣٠٠ جرام اى حوالى ٥ر٠٪ من كتلة الجسم ، ويستقبل القلب أثناء الراحة حوالى ٢٥٠ ملليلتر من الدم فى الدقيقة اى حوالى ٤ — ٥٪ من حجم الدفع القلبى وتتراوح سرعة سريان الدم فى هذه الحالة ما بين ٦٠ — ٨٠ ملليلتر/دقيقة/١٠٠ جرام واستهلاك الاكسوجين حوالى ٧ — ٩ ملليلتر/دقيقة/١٠٠ جرام ويزيد سريان الدم فى البطين الأيسر عن البطين الأيمن بحوالى ١/٢ كما يزيد عن الأذينين بحوالى ٥٠٪ .

ويزيد امداد القلب بالدم والاكسوجين اثناء العمل العضلى عن طريق زيادة سريان الدم فى الشرايين التاجية حيث يتغير فرق الاكسوجين الشريانى الوريدى بدرجة قليلة اثناء النشاط البدنى بالمقارنة بحالة الراحة ويمكن أن يصل اقصى استهلاك للاكسوجين للقلب اثناء العمل العضلى حوالى

٤ — ٥ مرات بالمقارنة بوقت الراحة حيث يصل الى ١ — ٥ر١ لتر/دقيقة ويتم امداد القلب بالدم بفضل شبكة كبيرة من الشعيرات الدموية حيث يحتوى الملليمتر المربع من عضلة القلب على حوالى ٢٥٠٠ — ٤٠٠٠ شعيرة دموية وهذا يزيد عدة مرات عن العضلات الهيكلية ويمكن أن تصل مساحة الشعيرات الدموية فى القلب حوالى ٢٠ متر٢ وهذا يساعد على تسهيل نفاذية الاكسوجين الى اليـاف القلب لاستهلاكه . ويتغير سريان الدم فى القلب خلال الدورة القلبية حيث يقل فى وقت الانقباض (السيستول) ويزيد فى وقت الانبساط (الدياستول) وعند زيادة معدل القلب اثناء العمل العضلى تقل فترة انبساط عضلة القلب ولذا فان هذا يصعب من عملية امداد عضلة القلب بالدم خاصة بالنسبة للبطين الأيسر .

٣/١/٦/٦ — امداد التجويف البطنى بالدم :

تشمل أعضاء التجويف البطنى اعضاء الجهاز الهضمى (المعـدة والأمعاء الرفيعة والأمعاء الغليظة) والكبد والطحال والغـدد تحت المعدة ويبلغ وزن هذه الأعضاء لدى الرجل الذى وزنه ٧٠ كيلوجرام حوالى ٤ كجم اى حوالى ٧٪ من وزن الجسم بينما يكون نصيب هذه الأعضاء من حجم الدفع القلبى اثنـاء الراحة حـوالى ٢٥٪ اى حوالى ١٤٠٠ ملليلتر دم فى الدقيقة ، وحيث ان الأوعية الدموية بالتجويف البطنى لهـا سعة كبيرة فانها تحتوى على حوالى لتر دم اثناء الراحة اى اكثر من ١/٥ الدم السارى فى الدورة الدموية ومن هذا الجزء يذهب الى الكلى حوالى ٣٠ — ٤٠٪ ويمكن اعتبـار ان اعضاء التجويف البطنى تمثـل مخازن الدم فى الجسم حيث يتم استخدامه عند الحاجة ، وعند زيادة شدة الحمل البدنى تضيق الأوعية الدموية بالتجويف البطنى وينضم جزء من الدم فى التجويف البطنى الى الدورة الدموية ويرتبط هبوط سريان الدم فى التجويف البطنى بمقدار مستوى استهلاك الأكسوجين حيث يزداد انخفاضه مع زيادة اسـتهلاك الأكسـوجين .

٤/١/٦/٦ — امداد الجلد بالدم :

عادة ما يزيد امداد الدم للجلد عما هو ضرورى لامداده بالاكسوجين والتمثيل الغذائى بحوالى ٢٠ — ٣٠ مرة او اكثر ، ويرجع السبب فى ذلك ان وظيفة الدورة الدموية فى الجلد هى تنظيم حرارة الجسم عن طريق افراز العرق للمحافظة على ثبات درجة حرارة الجسم وتبعا لما تتطلبه عملية تنظيم درجة حرارة الجسم تتغير سرعة سريان الدم بالجلد فى اتجاه الزيادة أو النقص بحوالى ١٠٠ مرة .

فى حالة الشخص الذى يبلغ وزنه ٧٠ كجم ومسطح الجسم ١٫٧ متر٢ ، وفى حالة الراحة فى درجة حرارة ٢٠ — ٢٥° سنتيجراد فان سريان الدم العام فى الجلد يبلغ حوالى ٢٠٠ — ٥٠٠ ملليلتر/دقيقة ، بمعنى ١٠ — ٢٥ ملليلتر / دقيقة / ١٠٠ جرام ، وما يقرب من نصف هذه الكمية من الدم اثناء الراحةتذهب لحساب الكفين والقدمين والوجه . ويبلغ اقل حجم لسريان الدم فى حالة البرودة (درجة حرارة الجلد ١٤°) وعلى العكس يزيد سريان الدم فى الجلد ٧ — ٨ لتر / دقيقة (درجة حرارة الجلد ٤٠°) أى حوالى ١٥٠ ملليلتر / دقيقة / ١٠٠ جرام او اكثر ويزيد افراز العرق (حوالى ٢ لتر / ساعة) .

وبالاضافة الى مساعدة سريان الدم بالجلد على تخليص الجسم من الحرارة عن طريق التبادل الحرارى بين مسطح الجسم والبيئة المحيطة فانه يساعد على سرعة انتقال الحرارة من الانسجة العميقة الى مسطح الجسم ، وحيث ان انسجة الجسم تعتبر موصل ردىء للحرارة لذا فان سريان الدم يقوم بهذه المهمة .

ونظرا لكبر اتساع شبكة الأوعية الدموية بالجلد فانها تعتبر ايضا من اهم مخازن الدم فى الجسم ، ويظهر دورها عند اداء العمل العضلى لفترة طويلة فى حالة البرودة ، حيث يمكن ان ينتقل الدم من الجلد الى الدم السارى فى الدورة الدموية ويتحدد حجم الدم فى الجلد تبعا لدرجة حرارة الجو والجسم .

٦/٦/١/٥ — امداد العضلات بالدم :

يبلغ نصيب العضلات الهيكلية من الدم فى حالة الراحة حوالى ٢٠٪ من حجم الدفع القلبى اى حوالى ١٠٠٠ — ١٢٠٠ ملليلتر / دقيقة ، بمـا يساوى حوالى ٢ — ٥ ملليلتر / دقيقة / ١٠٠ جرام ، وهو يزيد فى الألياف العضلية البطيئة اكثر من الألياف السريعة ، وأثناء النشـاط البدنى يزيد سريان الدم تبعا لزيادة شدة الحمل البدنى ويمكن أن يصل الى ٢٠ — ٣٠ مرة أزيد من سريان الدم أثناء الراحة ، ويبلغ مجموع الدم لدى الشخص غير المدرب اكثر من ٢٠ لتر/دقيقة عند العمـل العضلى الذى تشترك فيه اكثر من ٢/٣ عضلات الجسم (مثل الجرى - الدراجات - التجديف) أى حوالى ٢٠ كيلو جرام من الكتلة العضلية فان معدل سريان الدم يبلغ حوالى ١٠٠ ملليلتر / دقيقة / ١٠٠ جرام من النسيج العضلى . ويساعد عـلى زيادة الامداد بالدم أثناء العمل العضلى وجود شبكة غنية بالشـعيرات الدموية ، حيث تساعد فى توصيل كمية أكبر من الأكسـوجين والغذاء للعضلة ، وكذا فى التخلص من فضـلات الطاقة . ويقل سريان الدم فى الأوعية الدموية أثناء الانقباض وعند الانقباض العضلى المتحرك ذو الشدة المرتفعة ينخفض سريان الدم فى العضـلات بدرجة كبيرة ويختفى سريان الدم فى العضلة اذا زادت قوة الانقباض العضلى الثابت عن ٦٠ — ٧٠٪ من القوى العظمى ، ويرتبط متوسط سريان الدم فى العضلة (فى الدقيقة) أثناء العمل العضلى المتحرك بعدة عوامل خلافا لقوة الانقباض منها معدل الانقباضات ونسبة فترة الانقباض الى فترة الارتخاء ، ويزيد سريان الدم كلما قلت فترة الانقبـاض وزادت فترة الارتخاء فى حالة تسـاوى القوى ومعدل الانقباضات ، ويلعب العمل العضلى الايقاعى دورا هاما فى عملية الضخ العضلى لزيادة عودة الدم الى القلب أثناء العمل العضلى .

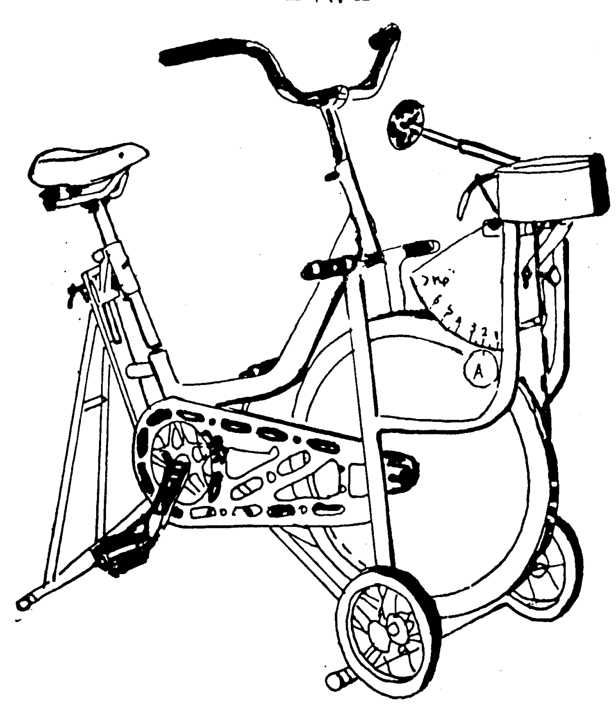
٦/٦/٢ — التدريب الرياضى وضغط الدم :

يؤدى التدريب الرياضى الى حدوث استجابات مختلفة تظهر عنـد قياس ضغط الدم ، حيث يلاحظ ارتفاع الضغط الانقباضى أثناء اداء الحمل البدنى ، وتظهر هذه الزيادة مباشرة فى بداية أداء الحمل البدنى المتحـرك مع عدم تغير الضغط الانبساطى أو حدوث تغيرات بسيطة جدا بالمقارنة

بالضـــغط الانقباضى ، ويتأثر ارتفاع ضـــغط الدم اثناء التدريب بعوامل مختلفة منها العمر ونوع التدريب البدنى وكمية العضلات المشتركة فى العمل العضلى وكذلك وضع الجســم أثناء اداء النشـــاط الرياضى حيث يزيد ارتفاع ضغط الدم عند أداء نفس الحمل البدنى بالذراعين عنه بالرجلين .

تؤدى التدريبات العضلية باستخدام الانقباض العضلى الثابت الى ارتفاع كل من الضغط الانقباضى ، وكذلك الضغط الانبســـاطى ، وهذه الزيادة سرعان ما تنخفض بعد انتهـــاء أداء التمرين مباشرة ، واذا ما تم دراسة العلاقة بين الضغط الانقباضى والانبساطى ومعدل القلب ، فيمكن ملاحظة زيادة متوازية ، وهذا ما لا يلاحظ اثناء العمل العضلى المتحرك .

ويرتبط الضغط المتوسط مباشرة بمقدار الدفع القلبى وعلى العكس بمقاومة سريان الدم الطرفية والتى تحددها عملية ضـــخ الدم بالأوعية الدموية ، وعلى هذا فان الضـــغط المتوسط يرتفع مع زيادة الدفع القلبى وينخفض مع نقص المقاومة الطرفية لسريان الدم بالأوعية الدموية ، ولذا فان تغيرات ضغط الدم اثناء العمل العضلى ترتبط بمدى تناسب مستوى زيادة الدفع القلبى ونقص مقـــاومة سريان الدم ، وعلى هذا فان زيادة شدة الحمل البدنى تؤدى الى زيادة الضغط المتوسط ، الا أن هذه الزيادة ليســت كبيرة ، وكذلك يزيد الضغط الانقباضى مع زيادة شـــدة حمل التدريب ، ويكون تأثير الدفع القلبى على زيادة الضغط الانقباضى اكثر من تأثيره على الضغط الانبساطى ، ومثال على ذلك ، فعند العمل على جهاز الدراجة الثابتة (الأرجوميتر) زيادة شدة الحمل ٣٠٠ كجم متر / دقيقـــة يزيد الضغط الانقباضى فى المتوســـط ٨ مم زئبق (الضغط الشريانى فى العضد) ، ويزيد متوسط الضغط ٣ مم زئبق ، ويمكن تفسير ذلك أن هناك زيادة كبيرة فى اتساع الأوعية الدموية بالعضلات العاملة ، وفى بداية أى عمل عضلى أو خلال فترة اداء الأعمال العضلية لفترة قصيرة تتســـع الأوعية الدموية بالجلد ، ويعنى هـــذا أن كمية كبيرة من الدم تنتقـــل الى شرينات وشعيرات العضلات العاملة والجلد أثناء العمـــل العضلى اكثر منها أثناء الراحة ، ونتيجة لزيادة سرعة سريان الدم فى الشريين ، فان .



(شكل ٥٧)
الدراجــة الثابتــة

الضـغط الانبسـاطى قد يرتفع قليلا نتيجة زيادة الدفع القلبى ، وتبعا لزيادة الضـغط الانقباضى اكثر من الانبسـاطى يزيد ضغط النبض (شكل ٥٩) .

وتعنى قلة الزيادة فى ارتفاع الضغط المتوســـط برغم من الزيادة المضاعفة للدفع القلبى ــ أن المقـــاومة العامة لسريان الدم فى الأوعية الدموية قد انخفضت أثناء العمل العضلى ؛ وهذا الانخفاض كلما كان كبيرا

كلما زاد الدفع القلبى ، ويمكن حساب مقاومة الدم R بالمعادلة $\frac{}{Q}$ حيث تعنى P متوسط الضغط و Q حجم الدفع القلبى وبناء على ذلك ففى اثناء قياس معدل = ٩٠ مم زئبق و Q = ٥ لتر / دقيقة ، وبذلك تكون

المقاومة الطرفية $\frac{٩٠}{٥}$ = ١٨ مم زئبق لكل لتر / دقيقة ، وأثناء النشـــاط الرياضى عندما تكون P = ١٢٥ مم زئبق و Q = ٢٥ لتر / دقيقة ، تكون

المقاومة الطرفية = $\frac{١٢٥}{٢٥}$ = ٥ مم زئبق لكل لتر / دقيقة .

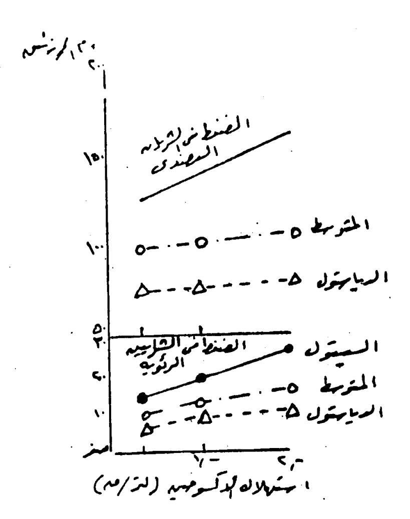
وبذلك فان المقاومة الطرفية يمكن ان تنخفض أثناء النشـــاط البدنى ٣ — ٤ مرات بالمقارنة بمستواها أثناء الراحة ، ويزيد انخفاض مقـــدار مقاومة سريان الدم كلما زادت شدة الحمل البدنى وكلما اشتركت فى العمل العضلى مجموعة عضلية كثيرة وهـــذا الانخفاض فى مقاومة سريان الدم يكون فى مقابل زيادة ضغط الدم الناتجة عن زيادة الدفع القلبى .

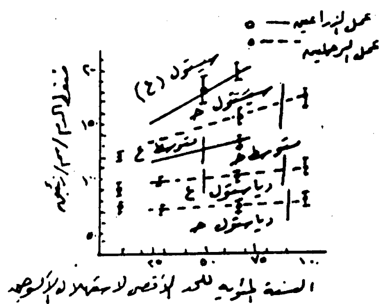
وارتباطا بزيادة استمرار نشاط الدورة الدموية فى الأجزاء العاملة من الجسم فان الأوعية الدموية فى الأعضاء غير العاملة تضيق فى قطرها وهذا بالتالى يؤدى الى زيادة ضغط الدم ، وكما أن ضغط الدم اثناء الراحة اكبر منه فى كبار السن عن الصغار فان هذه الظاهرة ايضا تلاحظ عند اداء الحمل البدنى ومثال على ذلك فان ضغط الدم لدى الشـــباب فى الراحة كان ٧٠/١٢٥ مم زئبق وعند اداء الحمـــل البـــدنى على الدراجة الثابتة باستخدام شـــدة الحمل ٦٠٠ كجم متر/دقيقة وعند مســـتوى استهلاك اكسوجين حوالى ١٫٥ متر/دقيقة فان ضغط الدم بلغ ٨٠/١٦٠ مم زئبق ، بينما ارتفـــع ضغط الدم لدى الرجال من ٥٠ — ٦٠ ســـنة من ٨٥/١٤٠ اثناء الراحة الى ٩٠/١٨٠ مم زئبق عند اداء نفس هذا الحمل البدنى .

ويتأثر أيضا ارتفاع ضغط الدم أثناء النشاط البدنى بنوعية العمـــل

العضلى فعند اداء عمل عضلى يتحدد فى مستوى متساوى لاستهلاك الأكسوجين فان ضغط الدم يرتفع عند اداء العمل العضلى بالذراعين اكثر من أداء نفس العمل العضلى بالرجلين (شكل ٥٨) ، وذلك ايضا ينطبق على وضع الجسم أثناء اداء العمل العضلى فيزيد ضغط الدم عند اداء العمل العضلى فى الوضع الراسى عن الوضع الأفقى ، وكذلك فان حجم الدفع القلبى يزيد عند اداء نفس العمل العضلى وعند مستوى متساوى لاستهلاك الأكسوجين عند العمل بالرجلين من وضع الجلوس أو الرقود عن العمل العضلى بالذراعين فى الوضع الراسى ، ومن هنا يلاحظ أن انخفاض مقاومة سريان الدم يزيد عند العمل العضلى بالرجلين عن العمل العضلى بالذراعين ويرجع سبب ذلك الى ان حجم الكتلة العضلية التى تشترك فى العمل العضلى اكبر فى الرجلين عنها فى الذراعين ولذلك فان الشعيرات الدموية التى تستقبل الدم فى الرجلين كميتها اكبر من الذراعين ، ولذا فانها تستقبل كميات اكبر من الدم وبالتالى تقل المقاومة الطرفية لسريان الدم ، ويدل على ذلك زيادة ارتفاع ضغط الدم عند اداء العمل العضلى الموضعى (اقل من ٣/١ عضلات الجسم) عنه عند اداء العمل العضلى العام (اكثر من ٣/٢ عضلات الجسم) وكذلك يزيد ارتفاع ضغط الدم عند اداء العمل العضلى الثابت مع اشتراك عدد قليل من العضلات ، وكذلك يؤدى العمل العضلى الثابت المعتدل الى زيادة ارتفاع ضغط الدم أكثر من العمل العضلى المتحرك الأكثر شدة مع استخدام مجموعات عضلية كثيرة ، ومثال على ذلك فعند اداء الانقباض العضلى الثابت لعضلات الساعد بمقدار ١٠٪ من القوة الارادية العظمى (باستخدام ديناموميتر القبضة) فان متوسط الضغط يزيد بمقدار ١٠ مم زئبق وعند زيادة قوة القبضة الى مستوى ٢٠٪ من القوة العظمى يزيد متوسط الضغط حوالى ٣٢ مم زئبق ، وعند استخدام ٥٠٪ من القوة العظمى يزيد متوسط الضغط ٤٠ مم زئبق (ليند وآخرون ١٩٦٦) .

وترجع زيادة ضغط الدم أثناء النشاط الرياضى الى زيادة الدفع القلبى على حساب زيادة معدل القلب وليس على حساب زيادة حجم الضربة ، ومن جانب آخر انقباض الأوعية الدموية فى التجويف البطنى





(شـــكل رقم ٥٨)

ضغط الدم عند اداء الحمل البدني مختلف الشدة

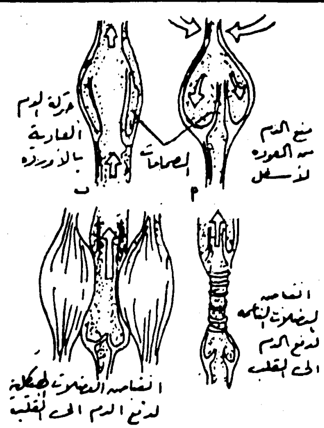
(عن : كوتس ١٩٨٢ Kots)

للأعضاء غير العاملة وأنسجة العضلات غير العاملة ، وترجع زيادة ارتفاع ضغط الدم أثناء العمل العضلى الثابت الى اندفاع الدفع من العضلات المنقبضة نتيجة زيادة الضغط داخلها مما يؤدى الى اعاقة توصيل الدم اليها.

جـــدول (٢٣)

متوسطات تغيرات ضغط الدم (مم زئبق) أثناء الأحمال البدنية والمسجلة بواسطة الراديوتايمترية

حالات ضغط الدم / مجموعات اللاعبين	من وضع الجلوس			أثناء الأنشطة التخصصية		
	الانقباضى	المتوسط	الانبساطى	الانقباضى	المتوسط	الانبساطى
الجــــرى	١٣٥	٩٣	٧٨	٢٦٢	١٦٧	١٠٠
الســـباحة	١٤٠	٩٥	٨٠	٢٢١	١٧٤	١٣٦
الانزلاق	١٢٠	٩٥	٧٧	١٥٨	١١٣	٨٠
صعود الجبال	١١٦	٩٢	٧٦	١٥٩	١١٤	٨٢
هبوط الجبال	١٢٧	٩٥	٨٠	١٨٥	١٣٢	١٠١



(شـــكل رقم ٥٩)

عمل العضلات الناعمة والهيكلية وصمامات الأوردة لدفع الدم في اتجاه القلب

٣/٦/٦ — دراســـة الحالة الوظيفية للجهـــاز الدورى تحت تاثير التـــدريب الرياضى :

تأخذ دراسة الحالة الوظيفية للجهاز الدورى الأولوية عند دراسة الحالة الوظيفية لاعضاء واجهزة جسم اللاعب او ممارسى النشاط الرياضى ويرجع ذلك الى :

١ — الدور الهام الذى يقوم به الجهاز الدورى متعاونا مع الجهاز التنفسى والدم فى توفير الأكسوجين والغذاء للعضلات العاملة .

٢ — يعمل الجهاز الدورى بالتعـــاون مع اعضاء واجهزة الجسم الأخرى فى الحفاظ على ثبـــات بيئة الجسم الداخليـــة .

٣ — يعتبر الجهاز الدورى من اكثر اجهزة الجسم استجابة لتغيرات البيئة الداخليـــة او الخارجيـــة .

ويزيد من أهمية دراسة حالة الجهاز الدورى لممارسى النشاط الرياضى ان عدم الشعور أثناء النشاط بأى شكوى او ألم فى منطقة القلب أثناء الحمل البدنى لا يعد دليلا على سلامة القلب ، ويرجع السبب فى ذلك الى عمليات التعويض ، الا ان امكانيات عمليات التعويض لها حدودها وعند ذلك تظهر تغيرات ملموسة فى القلب قد تؤدى مثل هذه التغيرات الى اصابة القلب او الى الوفاة نتيجة زيادة الحمـــل البدنى .

وتزداد أهمية دراسة حالة الجهاز الدورى نظرا لكونها تعد اساسا للسماح للأشخاص بممارسة النشاط الرياضى وكذلك تحديد جرعة الحمل البدنى للأشخاص المدربين .

وتعمـــل ممارسة النشـــاط الرياضى على حدوث تغيرات ايجابيـــة فى مورفولوجية وفسيولوجية الجهاز الدورى ارتباطا بالتكيف مع الحمـــل البدنى الكبير ومن الممكن التعرف على مستوى الحالة الوظيفية للجهـــاز الدورى من خلال دراسة نوعية استجابته للحمل البدنى .

١/٣/٦/٦ — طرق دراسة الجهـــاز الدورى :

تبدأ دراســـة حالة الجهـــاز الدورى عادة بتسجيل بعض البيانات الطبية عن اللاعب او التلميذ تشمل هـــذه البيانات معلومات عما اذا كان

احد الوالدين قد اصيب بامراض الجهاز الدورى او اقرب الاقارب وبصفة خاصة ارتفاع ضغط الدم او تصلب الشرايين ، الامراض التى اصيب بها نفس الشخص المفحوص وبصفة خاصة الروماتيزم ، امراض البرد والأنفلونزا ، بيانات عن التدخين او المشروبات الروحية حيث ان تاثيرات ذلك السلبية تعود اولا على الجهاز الدورى .

ملاحظة اى شكوى للمفحوص ، ملاحظة مدى ملاءمة ملابسه الرياضية لنوع النشاط الرياضى ، ضربات القلب اى الم او شكوى فى منطقة القلب او الصدر (نوعية الشكوى او الالم ومواعيد ظهوره) ، سرعة الشعور بالتعب .

ويمكن للمدرب الرياضى او مدرس التربية الرياضية ان يلاحظ وبصفة مستمرة بعض الاعراض المرتبطة بحالة الجهاز الدورى وذلك بمجرد الفحص بالنظر حيث يلاحظ لون الجلد وبصفة خاصة فى مقدمة الانف ، الأذنين ، نهايات الأصابع ، الأغشية المخاطية ، حيث يلاحظ درجة الزرقة فى هذه المناطق من الجسم .

وعند الفحص بالجس يلاحظ سرعة ونوعية النبض ، ويعتبر التقييم الصحيح للنبض من اهم المؤشرات المستخدمة فى مجال التربية الرياضية .

٢/٣/٦/٦ — قياس معدل سرعة النبض :

يطلق مصطلح « النبض » على التغيرات الايقاعية لجدران الشرايين نتيجة امتلائها بالدم المندفع من البطين الأيسر اثناء انقباضه ، وعادة تقاس سرعة النبض على الشريان الكعبرى من الجهة الوحشية عند نهايته فى اتجاه الاصبع الكبير وبالجس الخفيف باطراف الأصابع على هذا الشريان يمكن الشعور بالنبض ، كما يمكن قياس سرعة النبض على الشرايين الأخرى التى تكون قريبة من سطح الجلد مثل الشريان الصدغى والسباتى .

يحسب معدل سرعة النبض عادة لمدة ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٣٠ ثانية ثم بالتالى تحسب فى الدقيقة ومن المهم فى دراسة النبض ملاحظة سرعته وانتظامه ومدى التغيرات التى تحدث نتيجة لأداء الحمل البدنى .

ومن المهم ملاحظة الفرق بين اختلال ايقاع النبض المرضى والفسيولوجى فهناك اختلال ايقاع النبض الفسيولوجى الذى ينتج عن التنفس حيث تزيد سرعة النبض مع الشهيق وتقل مع الزفير وهذه الظاهرة عادة ما تلاحظ لدى الاشــخاص الاصــغر عمرا ، ويجب اجراء الفحص الطبى الدقيق عنــد ملاحظــة اى اختــلال فى ايقــاع النبض لدى الرياضيين للتعرف على اسباب ذلك ومن المهم ان يجيــد مدرس التربية الرياضية او المدرب طريقة قياس سرعة النبض فى الراحة وبعد الحمل البدنى وكذلك يستطيع تقييمهــا .

٣/٣/٦/٦ — قيــاس ضغط الدم :

ويعتبر قياس ضغط الدم الطريقة السهلة الشائعة لدراسة الجهاز الدورى وهناك اربع قراءات يمكن تسجيلها من خلال قياس ضغط الدم وهى :

الضغط الانقباضى ، الضغط الانبساطى ، الضغط المتوسط ، ونبض الضغط وهو الفرق بين الضغط الانقباضى والضغط الانبساطى وهو مؤشر غير مباشر عن الدفع القلبى بمعنى حجم الدم الذى يدفعه القلب فى الضربة ، وكلما زاد نبض الضغط دل ذلك على زيادة حجم الضربة .

يجب ان يتقن مدرس التربية الرياضية والمدرب الرياضى طريقــة قياس ضغط الدم وهى كما يلى :

يجلس اللاعب او التلميذ او يأخذ وضــع الرقود ويلف فوق الثلث المتوسط للعضــد وســادة خاصة بجهــاز قياس ضغط الدم المانوميتر Sphgmomanometer وهــذه الوسادة قابلة للنفخ وتتصــل باداة لقياس الضغط وهى المانوميتر الزئبقى او اى مقيــاس ضغط صــغير ، ونضع سماعة طبيــة Stathoscope على السطح الأمامى لمفصــل المرفق وتعمــل على سماع النبض ، ثم نقوم بالنفخ ببطء حتى يختفى النبض عندما يصبح الضغط فى الوسادة كافيا لقفل الشريان العضدى ويحدث ذلك عندما يكون مؤشر المانوميتر عند مستوى ١٥٠ — ١٦٥ مم زئبق وعند هــذه النقطة يمكن قراءة الضغط الانقباضى ثم يتم تفريغ الهواء ببطء حتى يظهر النبض وهــذه القراءة تعتبر الضغط الانقبــاضى ومع استمرار انخفاض الضغط

يستمر سماع النبض ثم يختفى وعند هذه اللحظة يمكن اخذ قراءة الضغط الانبساطى والذى يقع ما بين ٦٥ — ١٠٠ مم زئبق ، ويراعى أن تكون سرعة هبوط الضغط فى حدود فترة زمنية ما بين ٢٥ — ٣٠ ثانية ، حيث ان زيادة بطء او سرعة الضغط لا تؤدى الى دقة القياس وعند قياس الضغط يجب ملاحظة العوامل التى لها تاثير على القياس مثل الضوضاء ، البرودة ، الانفعال والتعب وغيرها .

وقد لوحظ من خلال قياسات ضغط الدم للرياضيين أن الضغط الانقباضى كان فى حدود ١٠٥ — ١٢٩ بينما كان الضغط الانبساطى فى حدود ٦٠ — ٨٩ مم زئبق وهذا يتفق مع القياسات العادية ، كما لوحظ أيضا ارتفاع ضغط الدم لدى بعض الرياضيين بينما لوحظ انخفاضه لدى البعض الآخر .

ويرجع السبب فى ارتفاع ضغط الدم لدى بعض اللاعبين الى بداية ظهور امراض ارتفاع ضغط الدم او علامة على ظهور امراض اخرى بأجهزة الجسم الداخلية ، كما يدل لدى البعض الآخر على عدم تنظيم حمل التدريب بطريقة سليمة حيث يرتفع ضغط الدم نتيجة للاجهاد او حالة الحمل الزائد ، كما يمكن أن يكون سبب ارتفاع ضغط الدم يرجع الى التوتر النفسى أما ارتفاع ضغط الدم نتيجة اداء الحمل البدنى فيعتبر ذلك ارتفاعا فسيولوجيا .

وقد فسر قديما انخفاض ضغط الدم كمظهر لارتفاع مستوى الحالة التدريبية الا ان ذلك قد أعيد النظر فيه فى السنوات الأخيرة حيث لوحظ أن انخفاض ضغط الدم يعتبر مؤشرا على ارتفاع الحالة التدريبية بالنسبة لحوالى ٣٣٫٢٪ من الرياضيين ذوى الضغط المنخفض بينما لدى الأغلبية الأخرى يكون ناتجا عن الاجهاد أو بعض الأمراض .

ويلاحظ اختلاف النسب المئوية لارتفاع أو انخفاض ضغط الدم ارتباطا بنوع التخصص الرياضى ، ولتحديد تطور حالة انخفاض الضغط لدى الرياضيين يجب مراعاة مستوى اعداد اللاعب ، درجته الرياضية ، مرحلة التدريب وغيرها (جدول ٢٤) .

جـــدول (٢٤)

نسبة الرياضيين تبعـــا لضغط الدم والتخصص الرياضى

ارتفـــاع الضـــغط		انخفـــاض الضـــغط	
النشـاط الرياضى	النسـبة المئوية	النشـاط الرياضى	النسبة المئوية
رفـــع الأثقـــال	٢١ر٢	جمبـــاز	٣٠ر٠
كرة القـــدم	١٦ر٦	العـــاب القوى	٢٥ر٦
الكرة الطـــائرة	١٥ر٦	انس	٢٢ر٠
انزلاق على الجليد	١٤ر٢	سـلاح	١٩ر٠
تجـــديف	١٣ر٦	فروسـية	١٦ر٧
مصـــارعة	١٢ر٦	رمـــاية	١٤ر٨
العـــاب قـــوى	١٠ر٦	رفع اثقـــال	١٢ر٧
دراجـــات	٩ر٧	دراجـــات	١٢ر٢
ملاكمـــة	٩ر٦	كرة طـــائرة	٨ر٦
كرة ســـلة	٩ر٥	قدم - هوكى	٧ر٥
ســـباحة	٩ر١		
جمبـــاز	٨ر٤		

الفصل السابع

٧ – الجهـــاز التنفســـى

١/٧ – مقـــدمة .

٢/٧ – العمليات الفسيولوجية فى التنفس .

٣/٧ – الجهاز التنفسى والتدريب الرياضى .

١/٣/٧ – توافق التنفس مع حركات الجسم .

٢/٣/٧ – تنظيم التهوية الرئوية أثناء التدريب الرياضى .

٣/٣/٧ – التهوية الرئوية اثناء الراحة وعند العمل العضلى .

٤/٣/٧ – معدل التنفس وحجم هواء التنفس أثناء العمـــل العضـــلى .

٥/٣/٧ – تغـيرات السـعات والأحجام الرئوية اثناء العمل العضـــلى .

٦/٣/٧ – كفاءة تبادل الغازات فى الرئتين .

٧/٣/٧ – نسبة التنفس .

٨/٣/٧ – تاثير الحمل البدنى على الضغط الجوى لغـــازات التنفس .

٩/٣/٧ – كتم التنفس والتهوية الرئوية الارادية .

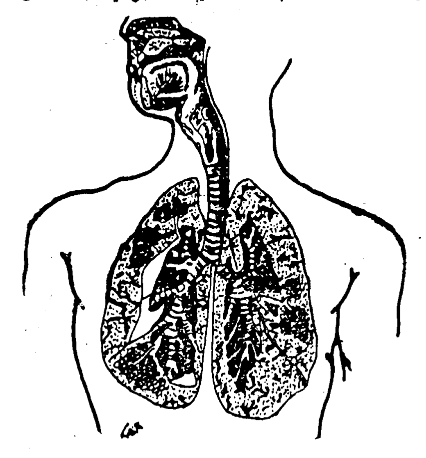
١٠/٣/٧ – الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين .

١١/٣/٧ – نقص الأكسوجين « الهيبوكسيا » .

٧ – الجهـــاز التنفســـى

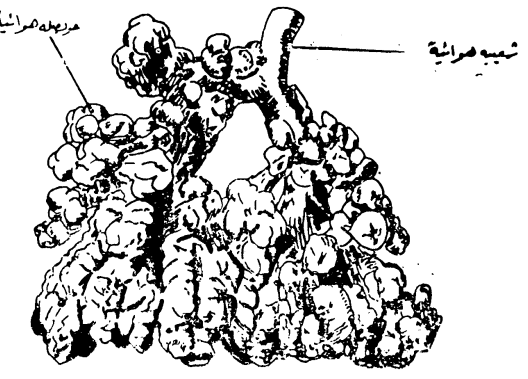
١/٧ – مقـــدمة :

يتكون الجهـاز التنفسى من الممرات الهوائيـة والرئتان وعضـلات التنفس بالاضافة الى الأعصاب ومركز التنفس . وتتكون الممرات الهوائية من الأنف الذى يقوم بتدفئة الهواء وتنقيته من الغبـار وينتقل الهواء الى البلعوم الذى يقوم بتحويل الهـواء الى الحنجرة والطعام الى المرىء ، وتوجد فى الحنجرة الأحبال الصوتية وهى المسئولة عن اصدار الأصوات المختلفة ، ثم يمر الهواء من الحنجرة الى القصبة الهوائية التى تنقسم الى فرعين يتجـه كل فرع منهما الى احدى الرئتين وهما الشـعبتان اليمنى واليسرى ، ثم تتفرع كل شعبة داخل الرئة الى الشعيبات الهوائية والتى تشبه تفرعات الشجرة ، وتستحوز الرئتان على معظم التجويف الصدرى ويغلف كل رئة غلاف يسمى (البلورا) ويتكون نسيج الرئة من عدد كبير من الحويصلات المتصلة بالشـعيبات الهوائية (شـكل ٦٠) ، ويحيط



(شـكل ٦٠)
الجهـاز التنفسى

بالحويصلات شبكة من الشعيرات الدموية وتســــاعد رقة جدار كل من الحويصلات والشعيرات على اتمام تبادل الغازات بالرئتين (شكل ٦١).



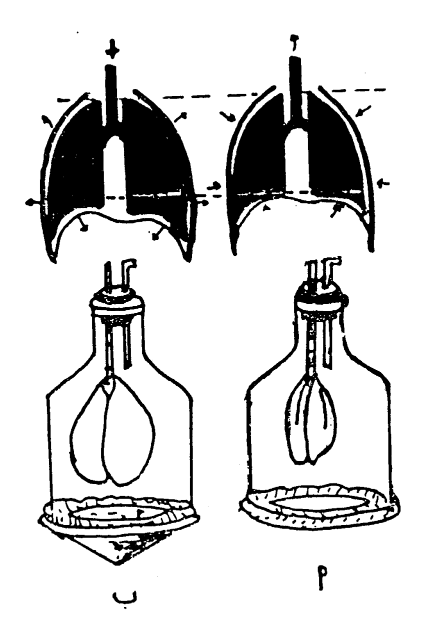
(شـــكل ٦١)

(الحويصلة الهوائية واتصالها بالشعيبة الهوائية)

ويقوم الجهاز التنفسى بوظيفة التنفس المتمثلة فى مجموعة العمليات الفسيولوجية المسئولة من توفير الاكسوجين لانسجة الجســم ، وكذلك تخليصها من ثانى اكسيد الكربون (عملية تبادل الغازات) ، وتشـــمل الوظيفة التنفسية ، كذلك العمليات الكيمائية الحيوية للاكســـدة اللازمة لانتاج الطاقة بالنسبة للجسم فى كل من الانسان والحيوان والنبات .

٢/٧ — العمليات الفسيولوجية فى التنفس :

يتعاون الجهازان الدورى والتنفسى فى القيام بعملية تبادل الغازات واستهلاك الاكسوجين وكذلك التخلص من ثانى اكســيد الكربون ، وتتم عملية تبادل الغازات من خلال عدة عمليات متتالية تبدأ بنقل الاكســـوجين الى الدم ثم الانسجة حيث ينفذ الاكسوجين من الشـــعيرات الدموية الى



(شـــكل ٦٢)

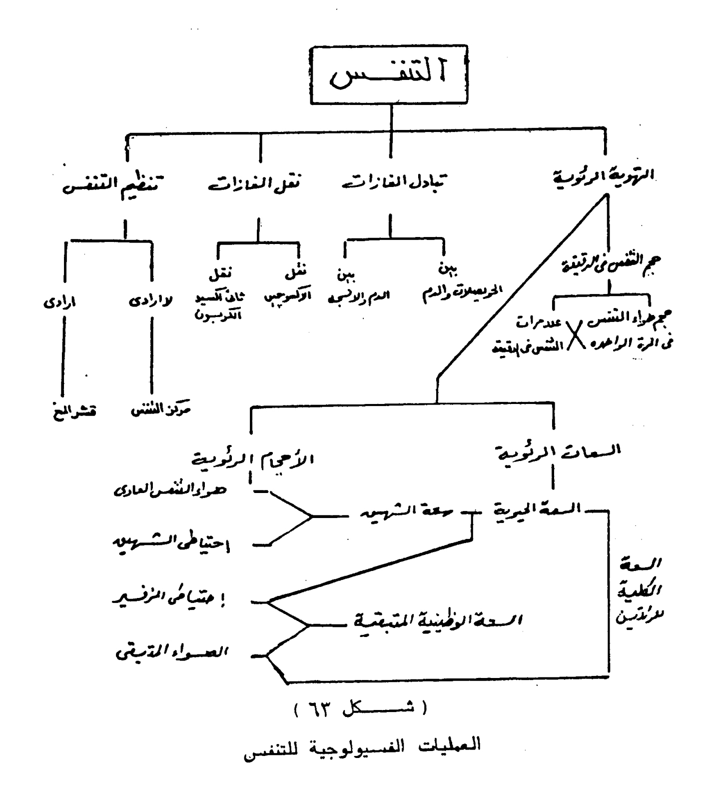
ميكانيكية التنفس

(أ) اثناء الزفير . (ب) اثناء الشهيق

سائل ما بين الخلايا لتقوم الخلايا باستهلاكه ومن ثم ينتقل ثانى اكســيد الكربون من الأنسجة الى الدم الذى يحمله بدوره الى الرئتين للتخلص منه (شكل ٦٣) ويمكن توضيح هذه العمليات فيما يلى :

١ — التهوية الرئوية (التنفس الخارجى) وتعنى تبادل الغـــازات بين الحويصلات الهوائية والبيئة الخارجية .

٢ — تبادل الأكسوجين وثانى اكسيد الكربون بين الحويصلات الهوائيــة والدم .



(شكل ٦٣)

العمليات الفسيولوجية للتنفس

٣ — نقل الأكسوجين وثانى اكسيد الكرون فى الدم من والى خلايا الجسم.

٤ — تبادل الاكسوجين وثانى اكسيد الكربون بين الدم والأنسجة .

٥ — تنظيم التنفس .

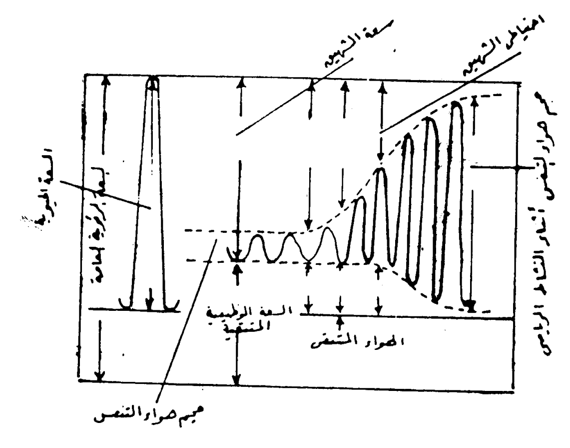
١/٣/٧ — التهوية الرئوية : Pulmonary Ventilation

يقصد بالتهوية الرئوية عملية دخول وخروج الهواء بين الهواء الجوى والحويصلات الرئوية وتسمى أحيانا « التنفس الخارجى » نظرا لأن هناك عملية تبادل غازات أخرى تتم بين الدم وانسجة الجسم ويطلق عليها « التنفس الداخلى » . وتتم حركة دخول وخروج الهواء الى الرئتين نتيجة تغيير حجم القفص الصدرى وما ينتج عن ذلك من اختلاف ضغط الهواء بين الهواء الجوى والرئتين . فعند التنفس العادى يقوم الحجاب الحاجز وحده بهذه العملية ، ففى حالة الشهيق يقوم الحجاب الحاجز بجذب الأجزاء السفلى من الرئتين الى اسفل ، وبذلك يتسع القفص الصدرى فيقل الضغط بداخله مما يسمح بدخول الهواء الجوى الى الرئتين ، وعند الزفير ترتخى عضلة الحجاب الحاجز فيقل حجم القفص الصدرى وبذلك يزيد ضغط الهواء بداخله فيندفع هواء الزفير الى الخارج ولكى يتم الزفير بالمعدل المطلوب فان عضلات البطن تنقبض لتدفع بمحتويات البطن اسفل الحجاب الحاجز . وتشترك عضلات ما بين الأضلاع الخارجية فى زيادة حجم التجويف الصدرى اثناء الشهيق واثناء الزفير تعود الاضلاع الى وضعها السابق فى حالة زيادة عمق التنفس بفضل انقباض عضلات ما بين الأضلاع الداخلية ويطلق على هذه العملية « ميكانيكية التنفس » (شكل ٦٤) .

١/١/٣/٧ — الاحجام الرئوية The Pulmonary Volumes

يعتبر تقدير احجام حركة الهواء الداخل والخارج فى الرئتين من اسهل طرق دراسة التهوية الرئوية وهذه العملية تسمى سبيرومترية Spirometry وتقاس جهاز يسمى « سبيروميتر » .

وهناك اربعة احجام تكون فى مجموعها الحجم الأقصى لسعة الرئتين وهى كالآتى : (شكل ٦٤)



(شـــكل ٦٤)

الأحجام الرئوية للســـعة الرئوية العامة

(أ) حجم هواء التنفس العادى The tidal Volum :

وهو حجم هواء الشهيق أو الزفير فى المرة الواحدة ، ويتراوح ما بين ٣٥٠ — ٨٠٠ ملليلتر بمتوسط قدره ٥٠٠ ملليلتر ويزيد هذا الحجم اثنـــاء النشـاط البدنى ليبلغ حوالى أكثر من ١ — ٢ لتر .

(ب) احتياطى هواء الشهيق Inspiratory Reserve V. :

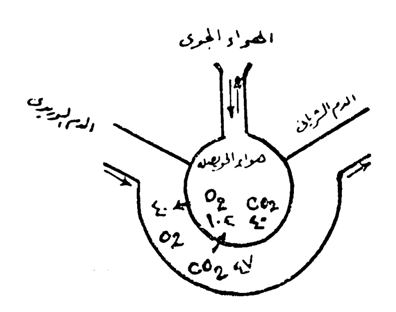
وهو حجم الهواء الذى يمكن استنشـــــاقه بالاضافة الى حجم هواء الشهيق العادى ويبلغ حجمه عادة حوالى ٣٠٠٠ ملليلتر .

(ج) احتياطى هواء الزفير Expirotory Reserve V.

وهو حجم الهــواء الذى يمكن اخراجه بالاضـــافة الى حجم هواء الزفير العادى ، ويبلغ حجمه عادة حوالى ١١٠٠ ملليلتر .

(د) حجم الهواء المتبقى .Residual V

وهو حجم الهواء الذى يبقى فى الرئتين وعادة يبلغ حجمه حـــوالى ١٢٠٠ مللیلتر .



(شـــــكل ٦٥)
تبادل الغازات فى الحويصلات

٢/١/٢/٧ — السعات الرئوية The Pulmonary Capacities :

عند وصف وظائف التنفس فان الأحجام المذكورة ســـابقا يمكن ان تصنف تبعا لذلك فى مجموعات تسمى « السعات الرئوية » وتشمل ما يلى :

(أ) سعة الشهيق Inspiratory Capacity :

وهى تســـــاوى حجم هواء التنفس العادى بالاضـافة الى احتياطى هواء الشهيق (حوالى ٣٥٠٠ مللیلتر) وهى السعة التى يمكن للانســـان ان يستخدمها فى الأحوال العادية وكذلك فى اقصى حد لها .

(ب) السعة الوظيفية المتبقية .The Functional Residual C :

وهى تتكون من احتياطى هواء الزفير بالاضـافة الى حجم الهــــواء المتبقى وهذه السعة تمثل حجم الهواء الذى يبقى فى الرئتين حتى نهـــاية الزفير العادى (حوالى ٢٣٠٠ مللیلتر) .

(جـ) السعة الحيوية .The Vital Capacity :

وهى تساوى مجموع حجم احتياطى الشهيق بالاضافة الى هـــواء الشهيق العادى بالاضافة الى احتياطى الزفير . وهذه السعة تعتبر أكبر حجم للهواء يستطيع الانسان أن يخرجه بعد أخذ أقصى شهيق وهى عادة حوالى ٤٦٠٠ ملليلتر .

(د) السعة الرئوية الكلية : The Total Lung Capacity :

وهى أقصى سعة تمثل أكبر حجم للهواء تستطيع الرئتان استيعابه بعد أقصى شهيق (حوالى ٥٨٠٠ ملليلتر) .

وتقل لدى الاناث بنسبة ٢٠ — ٢٥٪ فى الأحجام والسعات الرئوية عن الذكور ، كما أنها تزيد لدى الأشخاص الرياضيين .

ويقوم الهـــــواء المتبقى فى الرئتين بضمان تشـــــبع الدم من هواء الحويصلات حتى بين مرات التنفس ، وتشمل السعة الرئوية الكلية السعة الحيوية بالاضافة الى حجم الهواء المتبقى ويمكن القول أنها تشمل جميع السعات والأحجام الرئوية .

وهناك عوامل كثيرة لها تأثيرها على السعة الحيوية خلافا لمقاييس الجسم مثل وضع الجســـم وقوة عضلات التنفس وخاصية امتداد الرئتين والتجويف الصدرى . ويبلغ متوسط السعة الحيوية لدى الشباب ٤ر٦ لتر ولدى الاناث حوالى ٣ لتر ، وتزيد نسبة السعة الحيوية لدى الأشخاص طوال القامة وذوى البنية الجيدة بحوالى ٣٠ — ٤٠٪ عن الحجم العادى وبذا يمكن أن تصل الى ٦ — ٧ لتر .

وتقاس السعة الحيوية بجهـــاز سبيروميتر Spirometer كما يمكن استخدام جهاز رسم الرئتين (الاسبيروجراف) لتســـــجيل حجم هواء مكونات السعة الحيوية ، ويجب عند مقارنة الأشـــــخاص مراعاة عوامل الجنس والعمر والطول والوزن ، ولذلك يستحسن مقارنة السعة الفرضية

(ما يجب ان تكون عليه السعة الحيوية لشخص ما) بالسعة الحيوية ويكون عادة الفرق ما بين السعتين فى حدود ٢٠٪ زيادة أو نقصا .

٣/١/٢/٧ — حجم هواء التنفس فى الدقيقة :

ويعنى ذلك الحجم الكلى للهواء الذى يمر فى الممرات التنفسية كل دقيقة وهذا يساوى حاصل ضرب حجم هواء الشهيق فى معدل التنفس ، ويبلغ حجم هواء الشهيق العادى حوالى ٥٠٠ ملليلتر ، كما يبلغ معدل التنفس العادى ١٢ مرة فى الدقيقة ولذلك فان حجم هواء التنفس فىالدقيقة حوالى ٦ لتر / دقيقة ، ويستطيع الانسان أن يعيش لفترة قصيرة باستخدام حجم تنفس فى الدقيقة حوالى ٥ر١ لتر ومعدل تنفسى ٢ مرة/دقيقة ، كما يمكن أن يتضاعف حجم هواء التنفس فى الدقيقة أثناء النشاط الرياضى وقد يصل الى ١٠٠ — ١٥٠ لتر/دقيقة ، كما أن هناك عوامل اخرى تنقص من حجم هواء التنفس مثل العوامل البيوميكانيكية حينما يرفع اللاعب الأثقال او يتخذ لاعب المصارعة وضع « الجسر » .

٢/٢/٧ — تبادل الغازات بين الحويصلات الرئوية والدم :

تبدأ هذه العملية بعد عملية التبادل الأولى بين الحويصلات والهواء الجوى حيث ينتقل أكسوجين الحويصلات الى الدم وانتقال ثانى أكسيد الكربون من الدم الى الحويصلات ، ويلاحظ أن هواء الحويصلات يحتوى على كمية اكسوجين اقل مع كمية ثانى اكسيد الكربون بنسبة اكبر بالمقارنة بالهواء الجوى (شكل ٦٧) .

جدول (٢٤)

النسب المئوية لمكونات الهواء اثناء التنفس العادى

هواء	الأكسوجين	ثانى اكسيد الكربون	النتروجين
الشهيق	٩٤ر٢٠	٠٣ر٠	٠٣ر٧٩
الزفير	٣٠ر١٦	٠٠ر٤	٧٠ر٧٩
الحويصلات	٤٠ر١٤	٦٠ر٥	٠٠ر٨٠

ويلاحظ أن هواء الحويصلات يحتوى على اقل نسبة من الاكسوجين نتيجة انتقال الاكسوجين الى الدم مع زيادة نسبة ثانى اكسيد الكربون نتيجة انتقاله من الدم الى الحويصلات ، بينما يزيد هواء الزفير فى نسبة الأكسوجين ويقل فى نسبة ثانى أكسيد الكربون بالمقارنة بهواء الحويصلات نتيجة لاختلاطه بهواء الممرات الهوائية (جدول ٢٤) .

وتتم عملية تبادل الغازات بين الحويصلات والدم نتيجة لاختلاف الضغط الجزئى للغازات عن توترها * فى الانسجة ، حيث ينتقل الغاز من الجانب الأعلى ضغطا الى الجانب الأقل ضغطا ، وبناء على ذلك فان ضغط الأكسوجين فى الحويصلات يبلغ حوالى ١٠٢ مم زئبق ، بينما يبلغ توتر الأكسوجين فى الدم حوالى ٤٠ مم زئبق ، والعكس بالنسبة لثانى اكسيد الكربون حيث يزيد توتره فى الدم (٤٧ مم زئبق) ، بينما يقل فى الحويصلات حيث يبلغ حوالى ٤٠ مم زئبق ، وهذا بدوره يسمح بانتقال الأكسوجين من الحويصلات الى الدم وانتقال ثانى أكسيد الكربون من الدم الى الحويصلات .

وهناك عوامل كثيرة مختلفة لها تأثيرها على عملية تبادل الغازات ويزيد تأثيرها على الأكسوجين بصفة خاصة حيث يؤثر سمك جدار الحويصلات ومدى امداد النسيج الرئوى بالدم ، وكذلك النشاط البدنى وتغيير أوضاع الجسم ، ولا توجد صعوبة بالنسبة لانتقال ثانى اكسيد الكربون من الدم الى الحويصلات ، وتتحدد سرعة سريان الدم بمدى سعة الشعيرات الدموية ، فاذا كانت هذه الشعيرات متسعة بدرجة كبيرة فان ذلك يزيد من سرعة سريان الدم بدرجة كبيرة لا تسمح بتوفير الوقت الكافى لتبادل الغازات وفى هذه الحالة يخرج الدم من الشعيرات الدموية مع انخفاض توتر الأكسوجين .

---

* يطلق مصطلح توتر Tension على وصف الغاز عندما يكون فى حالة ذائبة .

٣/٢/٧ — نقـل الغـازات فى الدم :

يقوم الدم بوظيفته التنفسية من خـلال نقله للأكسوجين من الرئتين الى الأنسجة وكذلك نقـل ثانى اكسيد الكربون من الأنسجة الى الرئتين (شـكل ٦٦) .

١/٣/٢/٧ — نقـل الأكسوجين :

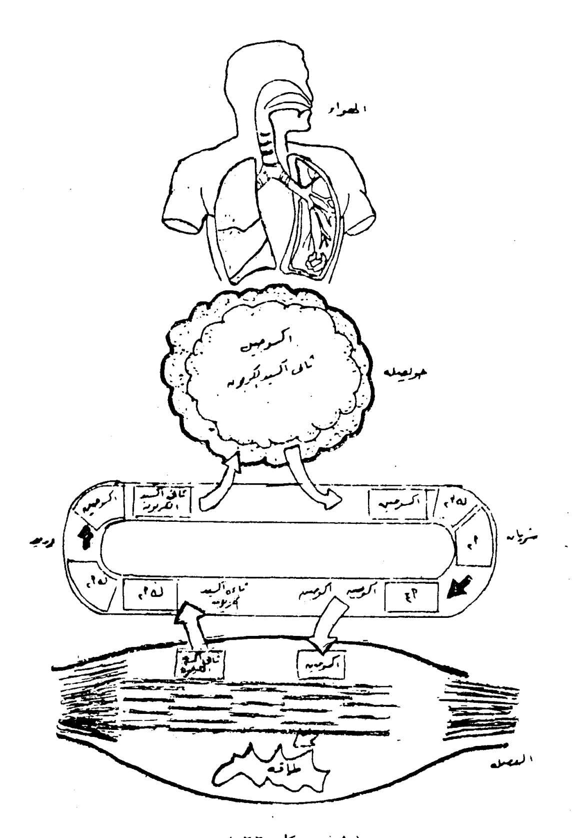
يتم نقـل الأكسوجين فى الدم بواسطة مادة الهيموجلوبين الموجودة بالكرات الحمراء حيث يتحـد الهيموجلوبين مع الأكسـوجين لتكوين الأكسوهيموجلوبين ومن المعروف أن كل جرام من الهيموجلوبين يمكنه الاتحاد مع ١ر٣٣ — ١ر٣٦ ملليلتر اكسوجين (١ر٣٤ فى المتوسط) وبناء على ذلك فانه يطلق على كمية الاكسوجين التى يمكن أن تحملها كميـة دم مقدارها ١٠٠ ملليلتر مصطلح (سعة الدم الأكسوجينية) فاذا كان تركيز الهيموجلوبين لدى شخص ما يبلغ ١٥ جرام فان السعة الأكسوجينية تبلغ ٢٠ر٤ ملليلتر اكسوجين لكل ١٠٠ ملليلتر دم حيث تحسب كما يلى :

١ر٣٦ × ١٥ = ٢٠ر٤

وتختلف سـعة الدم الأكسوجينية من فرد الى آخـر فهى تتراوح ما بين ١٧ — ٢٤٪ وهـذه النسبة تزيد أثناء النشاط الرياضى بمقـدار ١٠ — ١٥٪ نتيجة خروج الدم الغنى بالكرات الحمراء من الكبد والطحال أثناء النشـاط البدنى ، ويحتوى جسم الانسان على حوالى ٧٥٠ جرام هيموجلوبين يمكنها الاتحـاد مع ١٠٠٠ ملليلتر اكسـوجين وذلك يكفى استهلاك الجسم فى الراحة لمدة حوالى ٥ — ٦ دقائق ، ويتأثر تشبع الدم بالأكسوجين بضغط الهواء الجوى وتوتر الأكسوجين فى الدم ولذا يلاحظ حالة نقص الأكسوجين (الهيبوكسيا) فى المرتفعات .

٢/٣/٢/٧ — نقـل ثانى اكسيد الكربون :

يقوم الدم بنقل ثانى اكسيد الكربون من الأنسجة الى الرئتين لتخليص الجسم من زيادته ، ويحمل الدم حوالى ٤ ملليلتر من ثانى اكسيد الكربون فى كل ١٠٠ ملليلتر دم وذلك من الأنسجة الى الرئتين ، وتبدأ عملية نقل



(شـــــكل ٦٦)

تبادل الاكسـوجين وثانى اكسيد الكربون أثناء الراحة

بين الحويصلات الهوائية والدم وبين الدم والأنسجة

(عن : كاتشى ومك اردل ١٩٨٣ Katch and Mc Arddle)

ثانى اكسيد الكربون بعد نفاذيته من خلايا الانسجة الى الشعيرات الدموية حيث تبدأ بعض التفاعلات الكيمائية مباشرة فى الشعيرات ويتحول جزء كبير من ثانى اكسيد الكربون الى اشكال اخرى ويتم نقـل كمية قليلة جـدا فى شكل غاز ثانى اكسيد الكربون تشكل حوالى ٣ر٠ ملليلتر/١٠٠ ملليلتر وهـذه الكمية تمثل حوالى ٧٪ من ثانى اكسيد الكربون الذى يتم نقله ، ويتحول جزء آخر من ثانى اكسيد الكربون الى مركبات كيمائية مختلفـة مع المـاء والهيموجلوبين وبروتينات البلازما ، ويؤدى حامض الكربونيك الذى يتكون فى الدم الى انخفـاض قيمة pH الدم حيث تصـل فى الدم الوريدى الى ٣٥ر٧ تقريبـا ، بينما تبلغ فى الدم الشريانى حوالى ٤٠ر٧ اى اقل بحوالى ٥٠ر٠ ونتيجة تاثير حامض الكربونيك على الدم الوريدى .

٤/٢/٧ — تبادل الغـازات بين الدم والأنسجة :

تشتمل عمليـة تبـادل الغازات بين الدم والانسـجة على عمليتين احداهما تتم عن طريق انتقال الاكسوجين من الدم الى الانسجة والأخرى عن طريق انتقال ثانى اكسيد الكربون من الانسجة الى الدم الذى يقوم بنقله الى الرئتين للتخلص منه ويساعد على اتمام تبادل الغازات اختلاف توتر الغازات فى كل من الدم والأنسجة بحيث ينتقل الغاز من حيث الضغط الأعلى الى حيث الضغط الاقل .

١/٤/٢/٧ — انتقال الاكسوجين من الدم الى الانسجة :

تتم عملية تبادل الغازات بين الدم والانسجة بفضل اختلاف التوتر الجزئى للغازات فى كل منهما « ضغط الغازات » حيث يقل توتر الاكسوجين فى الانسجة عنه فى الدم وقد يصل الى مستوى الصفر ، بينما ياتى الدم الشريانى الى الانسجة يحمل الاكسوجين ذو التوتر العالى وبذا ينتقـل الاكسوجين من الدم الى الانسجة ، وعادة لا تخلو الشـعيرات الدموية تماما من كل الاكسوجين الذى تحمله وعلى سـبيل المثـال اذا كان الدم الشريانى يحتوى على ١٩ ملليلتر اكسوجين ٪ فان الدم الوريدى يحتوى على حـوالى ١١ ملليلتر اكسـوجين ٪ والفـرق بين الاثنين يرجـع الى ما استهلكته الانسـجة من الاكسـوجين مما يقلل حجمه فى الأوردة

عنه فى الشرايين ويسمى هذا الفرق (فرق الأكسوجين الشريانى الوريدى) ، وهـذا الفرق يعتبر اهم الصفات الوظيفية التنفسية التى يقوم بهـا الدم حتى يعتبر هذا الفرق هو كمية الأكسوجين التى توفرها كل ١٠٠ ملليلتر من الدم للأنسجة ويسمى هـذا الفرق ايضا معدل استهلاك الأكسوجين ويحسب كالآتى :

$$\text{معدل استهلاك الأكسوجين} = \frac{\text{فرق الأكسوجين الشريانى الوريدى}}{\text{محتوى الأكسوجين الوريدى}} \times ١٠٠$$

ويبلغ معدل استهلاك الأكسوجين عادة ٣٠ — ٤٠٪ ، وعنـد اداء النشـاط البدنى يقـل محتوى الدم الوريدى من الأكسوجين نتيجة زيادة اسـتهلاك الأكسوجين فى الأنسجة ويبلغ حـوالى ٨٪ (بدلا من ١١٪ اثناء الراحة) وبذلك يمكن ان يصل معدل استهلاك الأكسوجين فى الأنسجة الى اكثر من ٥٠ — ٦٠٪ .

ويعتبر الميوجلوبين الموجود داخـل العضـلة عامـلا هاما لتوفير الأكسوجين للعضـلات العاملة حيث يستطيع الاتحاد مع ١ — ٥ر١ لتر اكسوجين عـلاوة على ذلك . ويعتبر اتحاد الهيموجلوبين بالاكسـوجين اكثر ثباتا وقوة حيث لا يعطى دائما الاكسوهيموجلوبين ما به من الأكسوجين الا فى ظروف نقص الأكسوجين .

٢/٤/٢/٧ — انتقال ثانى اكسيد الكربون من الانسجة الى الدم :

يزيد توتر ثانى اكسيد الكربون فى الأنسجة عنـه فى الدم حيث يبلغ حـوالى ٥٠ — ٦٠ مم زئبق او اكثر ، وبذا ينتقـل ثانى اكسيد الكربون من الأنسجة الى سائل ما بين الأنسجة حيث يكون توتره اقل ٤٦ مم زئبق ثم ينتقـل من سائل ما بين الأنسجة الى الدم ، ويساعد ارتفـاع توتر ثانى اكسـيد الكربون فى الأنسجة وكذلك زيادة اتجاههـا الى الحمضية على توفير انتقال الأكسوجين من الدم الى الأنسجة .

٥/٣/٧ — تنظيم التنفس :

يعتبر تنظيم التنفس من العمليات الصعبة حيث يشترك فيها كل من التأثيرات العصبية ، ففى النخاع المستطيل تتجمع المراكز العصبية المسئولة عن تنظيم عملية التنفس عند استثارتها فتقوم بارسال اشارات عصبية الى النخاع الشوكى ومن خلال الاعصاب الى عضلات التنفس لكى تنقبض ويتم الشهيق وعند تثبيط هذه المراكز فانها ترسل اشارات عصبية الى عضلات التنفس لترتخى ويتم الزفير ، ويعتبر المثير الخاص لمراكز التنفس هو ثانى اكسيد الكربون ، فعندما يمر الدم بهذه المراكز وكذلك خلال المستقبلات الحسية الموجودة فى جدران الأوعية الدموية تحدث الاستثارة العصبية نتيجة زيادة ثانى اكسيد الكربون فى الدم ويحدث الشهيق ، وعندما تمتد الرئة تنبه النهايات العصبية للعصب الحائر الموجود فى النسيج الرئوى فتنتقل الاشارات الحسية الى المراكز العصبية لتثبيطها وعند ذلك يحدث الزفير ويقل محتوى الدم من ثانى اكسيد الكربون ، ويحدث الشهيق التالى عندما تزيد نسبة ثانى اكسيد الكربون فى الدم لدرجة تؤدى الى اعادة استثارة مراكز التنفس مرة اخرى .

وتنظم عملية التنفس تلقائيا حيث ينبه الشهيق الزفير وبالتالى يقل الزفير من ثانى اكسيد الكربون الذى يؤدى الى الشهيق التالى .

وعند اداء النشاط البدنى المرتفع الشدة او لعدة اسباب اخرى يزيد ثانى اكسيد الكربون فى الدم مما يصعب عملية التنفس ويجعلها تتم بسرعة لتخليص الجسم من ثانى اكسيد الكربون الزائد كما يمكن ان يؤدى **نقص الأكسوجين او بعض المواد الأخرى فى الدم الى استثارة مراكز التنفس .**

ويخضع تنظيم التنفس ايضا للقشرة المخية ويتضح ذلك فى امكانية السيطرة الارادية على هذه العملية ويمكن بذلك ان يمنع الانسان تنفسه (لفترة زمنية قصيرة) أو يزيد من سرعة التنفس او يبطئها . ويتضح ذلك ايضا فى شكل افعال دفاعية مثل السعال والعطس المصاحب لعملية التنفس حيث يحدث ذلك بطريقة انعكاسية عند استثارة النخاع المستطيل .

٣/٧ — الجهـاز التنفسى والتـدريب الرياضى :

يصاحب النشاط الرياضى دائما زيادة تبادل الغازات نظرا لاستهلاك المواد العضوية فى الجسم لانتاج الطاقة وتظهر تغيرات التنفس حتى اذا مارس الانسان نشاطا بدنيا معتدلا وعند ذلك فيمكن ان تزيد عملية تبادل الغازات ٢ — ٣ مرات وعند النشاط البدنى المرتفع الشدة يمكن ان تزيد ٢٠ — ٣٠ مرة بالمقارنة بوقت الراحة ، ولا يرتبط استهلاك الاكسوجين بالعضلات العاملة فقط ولكن ايضا تحتاج اليه عضلات التنفس التى تساعد على زيادة مستوى التهوية الرئوية وكذلك عضلة القلب وغيرها من انسجة الجسـم .

١/٣/٧ — توافق التنفس مع حركات الجسم :

يتم التوافق بين التنفس وبين حركات الجسـم نتيجـة للتغـيرات البيوميكانيكية للجهاز العضلى وكذلك الظروف البيوميكانيكية لمختلف حركات الجسـم .

وتزيد عمليات الاكسدة كلما زادت شدة الحمل البدنى حيث يصاحب زيادة مستوى شدة الحمل زيادة مشابهة فى استهلاك الاكسوجين وان كان ذلك لم يلاحظ بدرجة كبيرة الا فى الدراسات المعملية .

وقد يكون السبب فى ذلك اختلاف نظم العمل العضلى وقد دلت بعض الدراسات على زيادة استهلاك الاكسوجين عند اداء نفس شدة الحمـل البدنى اذا ما حدث اختلال فى التوافق الحركى او عدم الاستفادة من التصور الذاتى للقوة بدرجة جيدة ، وعند زيادة المهـارة الحركية نتيجة التدريب والاستفادة من التوافق الحركى والتصـور الذاتى يمكن ان يؤدى ذلك الى تقليل انتاجية الطاقة واداء نفس الحمل البدنى مع الاقتصاد فى استهلاك الاكسوجين .

ويرتبط التنفس اثناء النشاط البدنى بالخصائص البيوميكانيكية لأوضاع الجسم وكذلك ميكانيكية الاداء الحركى نفسه .

وتختلف الأحجام والسعات الرئوية تبعا لاختلاف أوضاع الجسم .

ويتم توافق حركات التنفس مع حركات الجسم عن طـريق تكامل الاحجام والسعات الرئوية والتهوية الرئوية وتغيرات خصائص النفـاذية للحويصلات ، ومن المهم عند ذلك لزيادة فاعلية التنفس توافق التنفس مع الدورة الدموية ويؤدى عادة تعليم الحركات الى تشكيل متكامل وخاص لوظائف التنفس وعنـد ذلك يصبح من الضرورى عنـد تعليم الحركات ان يصاحب ذلك تعليم كيفية التنفس اثناء اداء الحركة الرياضية .

٢/٣/٧ — تنظيم التهوية الرئوية اثناء التدريب الرياضى :

دلت الدراسات المعملية على الاحمال ذات الحركة الوحيدة المتكررة على وجود علاقة خطيـة بين حجم هواء التنفس فى الدقيقـة واستهلاك الاكسوجين ، وتبعا لذلك يزيد خروج ثانى اكسيد الكربون ومعدل التنفس ونسبة حجم ثانى اكسـيد الكربون الى حجم الاكسـوجين (عادة لا يزيد عن الواحـد الصحيح) وتزيد التهوية الرئوية على حساب زيادة عمق التنفس مما يزيد فاعلية تهوية الحويصلات ولكن ذلك يتم على حساب زيادة عمل عضلات التنفس ويزيد معدل التهوية اثناء النشاط البدنى نتيجة تأثير طريقتين احداهما طريقة عصبية سريعة والأخرى طريقة كيمائية بطيئة ، وتبدا زيادة معدل التهوية بالطريقة العصبية (عن طريق الانعكاس العصبى) وبعد هذه الزيادة الأولية السريعة تستمر زيادة التهوية ولكن بمعدل بطىء عن طريق بعض المواد فى الدم مثـل البوتاسيوم وثانى اكسـيد الكربون وحامض اللاكتيك وتحـدث الزيادة بالطريقـة العصبية كنتيجة للاشارات العصبية الواردة من الاوعيـة الدموية القريبـة من القلب والرئتين ومن المستقبلات الحسية فى المفاصل والعضـلات العاملة وكذلك من النخـاع المستطيل وقشرة المخ وهـذه الاستثارات تحـول الى مراكز التحـكم فى التنفس الموجودة فى النخاع المستطيل .

ويلاحظ فى حالة ما قبل المنافسة اعتياد اللاعب على التنفس بسرعة اكبر واعمق وهذه الزيادة فى التهوية تأتى نتيجة للاشارات العصبية الهابطة الى النخاع المستطيل أو ربما يكون سببها زيادة الدفع القلبى الذى يصاحب حالة ما قبل المنافسة وبمجرد أن يبـدا المتنافس تحريك اطرافه خـلال

المنافسة فان الاشارات العصبية الواردة من النهايات العصبية والمستقبلات الحسية الموجودة فى العضلات والمفاصل العاملة تسبب زيادة فى التهوية وقد يعتبر جزء من هذه الزيادة العصبية نتيجة لزيادة الدفع القلبى وبعد ذلك تأتى الزيادة البطيئة فى التهوية نتيجة العوامل الكيمائية مثل حامض اللاكتيك والبوتاسيوم وثانى اكسيد الكربون التى تنتجها العضلات العاملة ويحملها الدم فتؤدى الى استثارة المراكز العصبية للتنفس .

وبمجرد انتهاء النشاط البدنى وعدم زيادة الاستثارات العصبية الناتجة من العضلات لزيادة التهوية يحدث هبوط سريع فى التهوية يعقب ذلك هبوط بسرعة ابطأ حتى يقل مستوى المواد السائلة فى الدم ويزول تأثيرها على المراكز العصبية للتنفس ، ويجب ملاحظة ان اثناء العمل العضلى الثابت لا تحدث زيادة سريعة فى التهوية بالطريقة العصبية ، ولكى تلاحظ مرحلة الزيادة العصبية فان من الضرورى اداء العمل العضلى المتحرك لتحريك المفاصل .

٣/٣/٧ — التهوية الرئوية أثناء الراحة وعند العمل العضلى :

يتراوح مقدار التهوية الرئوية اثناء الراحة ما بين ٤ — ١٥ لتر/دقيقة بمتوسط قدره ٦ لتر/دقيقة ويرتبط حجم التهوية الرئوية بأحجام الجسم حيث يزيد لدى الرجال اكثر منه لدى السيدات .

وتنتظم التهوية الرئوية لتوفير عملية تبادل الغازات بين الجسم والبيئة الخارجية لتوفير الطاقة اللازمة للجسم ولذلك فعند العمل العضلى تزيد التهوية الرئوية ارتباطا بزيادة استهلاك الطاقة حيث تزيد من ٦ لتر/دقيقة وقت الراحة الى حوالى ١٠٠ — ١٤٠ لتر/دقيقة عند الحمل الاقصى لدى الشباب وتصل الى ٧٠ — ١٠٠ لتر/دقيقة لدى الاناث ، وتزيد التهوية الرئوية القصوى لدى الأطفال خلال سنوات النمو ثم تبدأ فى الانخفاض بعد سن ٢٥ — ٣٠ سنة .

وعند زيادة شدة الحمل البدنى تزيد التهوية الرئوية زيادة متوازية مع زيادة استهلاك الاكسوجين واخراج ثانى اكسيد الكربون الا ان التهوية

الرئوية تزداد بدرجة اكبر عند الاقتراب من مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين ، وتسمى الشدة التى تزيد عندها التهوية الرئوية اكثر من زيادة استهلاك الاكسوجين « الحمل التنفسى الأقصى » ويعبر عنه بنسبة مئوية من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين وهذا يختلف لدى الأشخاص ويختلف باختلاف نوع العمل العضلى لدى نفس الشخص ، فعند العمل على الأرجوميتر فانه يظهر عند مستوى ٨٠٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين وتزيد التهوية الرئوية بدرجة اكبر عند العمل العضلى بالذراعين اكثر من العمل العضلى بالرجلين وعند العمل العضلى الثابت اكثر من المتحرك . وهذا يتشابه مع الفرق فى قياسات معدل القلب وضغط الدم عند المقارنة بين نوعى العمل العضلى حيث يعتبر عمل الذراعين اكثر صعوبة من عمل الرجلين من الوجهة الفسيولوجية كما أن العمل العضلى الثابت أصعب من العمل المتحرك .

٤/٣/٧ — معدل التنفس وحجم هواء التنفس اثناء العمل العضلى :

تزيد التهوية الرئوية عند الحمل الهوائى الأقصى حوالى ٢٠ — ٢٥ مرة بالمقارنة بوقت الراحة (١٠٠ — ١٢٠ لتر/دقيقة عند الحمل الأقصى فى مقابل ٤ — ٦ لتر/دقيقة أثناء الراحة) وهذه الزيادة تتم عن طريق زيادة معدل التنفس ٤ مرات من ١٢ مرة فى الدقيقة الى ٥٠ مرة/دقيقة كما يزيد حجم هواء التنفس حوالى ٦ مرات من ٥٠٠ ملليلتر الى ٣٠٠٠ ملليلتر .

ويمكن أن تزيد التهوية الرئوية بدون زيادة معدل التنفس وعلى حساب زيادة حجم هواء التنفس عند اداء الحمل البدنى ذو الشدة المنخفضة ولكن زيادة التهوية الرئوية تتم على حساب كلا العاملان عند اداء الحمل ذو الشدة المتوسطة .

يبلغ اقصى معدل للتنفس اثناء العمل العضلى لدى الأولاد والبنات قبل المرحلة المدرسية ٧٠ مرة/دقيقة ثم يقل فى مرحلة الشباب ليبلغ ٤٠ — ٤٥ مرة/دقيقة ، وفى حالة اقصى تهوية رئوية ارادية يمكن ان يزيد معدل التنفس لفترة قصيرة ليبلغ ٥٠ — ٦٠ مرة/دقيقة كما يقترب حجم هواء التنفس من حجم السعة الحيوية للرئتين وكنتيجة لذلك يمكن أن يصل

حجم التهوية الرئوية لفترة قصيرة الى ٢٠٠ لتر/دقيقة (٥٠ مرة تنفس × ٤ لتر) وللاناث ١٦٠ لتر/دقيقة ، الا انه فى الغالب لا يتعدى حجم هواء التنفس ٥٠ - ٦٠٪ من مقدار السعة الحيوية للرئتين .

ويتحدد حجم هواء التنفس بمقدار السعة الحيوية حيث كلما قلت مقاومة التنفس وزادت قوة عضلات التنفس تزيد السعة الحيوية للرئتين وبالتالى يزيد حجم هواء التنفس حيث توجد علاقة مباشرة بين السـعة الحيوية للرئتين والحد الاقصى لهواء التنفس وتقل السعة الحيوية مع زيادة العمر وبالتالى يقل حجم هواء التنفس .

ولتقييم كفاءة التهوية الرئوية بالنسبة لاستهلاك الأكسوجين يمكن استخدام مؤشرات كثيرة الا ان اكثرها انتشارا يطلق عليه « معامل التهوية الرئوية لاستهلاك الأكسوجين » وهذا يعنى حجم التهوية الرئوية بالنسبة لسرعة استهلاك الأكسوجين بمعنى كمية الهواء اللازمة للرئتين لكى يستخلص الجسم منها لتر واحد اكسوجين وهى تتراوح فى حالة الراحة لدى الرجال ٢٥ لتر/لتر اكسوجين وعند الحمل البدنى المنخفض تبلغ ٢٠ لتر/لتر اكسوجين ولكنها تزيد عند زيادة شدة الحمل البدنى لتصل الى ٣٠ — ٣٥ لتر/لتر اكسوجين ، كما يمكن استخدام مؤشر على العكس من المؤشر السابق وهو مقدار الأكسوجين المستهلك بالنسبة لحجم التهوية الرئوية ويسمى « معامل استهلاك الأكسوجين للتهوية الرئوية » وفى الراحة يتراوح هذا المعامل ٤٠ ملليلتر اكسوجين/لتر .

٥/٣/٧ — تغيرات السعات والأحجام الرئوية اثناء العمل العضلى :

تختلف الاحجام والسعات الرئوية بأساليب مختلفة عند زيادة التهوية الرئوية اثناء العمل العضلى ولكل منها أهميته الفسيولوجية .

١/٥/٣/٧ — تغيرات السعات الرئوية :

تقل السعة الرئوية العامة أثناء العمل العضلى نتيجة زيادة حجم الدم بالدورة الدموية الصغرى (حجم الدم فى الأوعية الرئوية) كنتيجة لزيادة اعادة توزيع الدم وزيادة الدورة الدموية وارتباطا بذلك تنخفض السـعة

الحيوية للرئتين كما ان انخفاضها يزيد أثناء العمل العضلى اكثر من زيادة حجم الدم بالدورة الصغرى .

٢/٥/٣/٧ — تفسيرات الأحجام الرئوية :

يؤدى التدريب الرياضى الى حدوث تغيرات فى الأحجام الرئوية وهذه التغيرات بالتالى تؤدى الى تغيرات مماثلة فى السعات الرئوية ، وتختلف هذه التغيرات أيضا تبعا لاختلاف حجم الجهاز التنفسى وأوضاع الجسم أثناء الأداء الحركى .

اذا كانت الأحجام الرئوية الثابتة ترتبط بأحجام الجهاز التنفسى فان الأحجام المتحركة ترتبط بشدة التنفس وعادة ما يقاس حجمان متحركان هما حجم أقصى تهوية رئوية ارادية وحجم قوة الزفير .

(أ) الحد الأقصى للتهوية الرئوية الارادية :

وتعرف بأقصى قدرة لتنفس الانسان ولقياس ذلك يتنفس الانسان بأقصى حد عن طريق زيادة سرعة التنفس وعادة حتى ٤٠ مرة فى الدقيقة مع تعميق التنفس لأقصى درجة وذلك خلال فترة زمنية محددة (عادة ١٥ ثانية) ويبلغ عادة متوسط أقصى تهوية لدى غير المدربين من الرجال ١٤٠ لتر/دقيقة وتختلف لدى الأشخاص من ١٠٠ — ١٨٠ لتر/دقيقة ، ويتراوح عادة لدى الاناث ٧٠ — ١٢٠ لتر/دقيقة ويرتبط هذا المقدار بحجم الرئتين وقوه عضلات التنفس ومدى مطاطية الرئتين والقفص الصدرى ومدى مقاومة الهواء فى الممرات الهوائية .

(ب) حجم قوة الزفير :

وهو حجم الهواء الذى يخرج فى الزفير خلال أول ثوان بعد أقصى شهيق وعادة يبلغ حجم هواء الزفير خلال هذا الوقت حوالى ٨٠٪ من السعة الحيوية ويرتبط هذا الحجم بقوة عضلات الزفير ودرجة مقاومة الهواء فى الممرات الهوائية .

(جـ) حجم هـــواء التنفس :

يزيد حجم هواء التنفس اثناء العمل العضلى على حساب حجم احتياطى الشهيق اكثر من حجم احتياطى الزفير ولذا فان كلا الحجمان ينتصان اثناء العمـــل العضلى الا أن حجم احتياطى الشهيق ينقص بدرجة اكبر فى حالة زيادة شـــدة التهوية الرئوية ، وحتى فى حالة اقصى تهوية رئوية لا يتغير حجم احتياطى الزفير بدرجة كبيرة وهذا يساعد على زيادة السعة الرئوية الوظيفية المتبقية .

(د) حجم الهـــواء المتبقى فى الرئتين :

يزيد أثناء العمـــل العضلى حيث انه يقوم بوظيفة فسيولوجية هامة حيث يعمـــل على زيادة كفاءة السعة المتبقية مما يقلل من تذبذب مكونات الغـــازات فى هواء الحويصلات (وهـــذا له اهميته بالنسبة لثانى اكسيد الكربون) .

ويؤثر وضع الجسم على كثير من مقادير ونسب الأحجام والسعات الرئوية ففى وضع الجلوس بالمقارنة بوضع الرقود يزيد حجم الهواء المتبقى واحتياطى الزفير وبالتالى السعة المتبقية الوظيفية ، ويقل احتياطى الشهيق عند الوضع الرأسى المائل عن الوضع الافقى كنتيجة لزيادة السعة المتبقية الوظيفيـــة ، الا أن السعة الرئوية العامة للرئتين تزيد فى وضـــع الجلوس عن وضع الرقود ، كما تزيد السعة الحيوية فى وضع الوقوف عنها فى وضع الجلوس حيث تبلغ هذه الزيادة حوالى ٥ — ١٠٪ وعادة يزيد حجم هواء التنفس فى وضع الوقوف .

٦/٣/٧ — كفاءة تبادل الغـــازات فى الرئتين :

ترتبط سعة انتشار الغازات مثل الأكسوجين بمعدل انتشار الغازات بين هواء الحويصلات الرئوية والدم الموجود فى الشعيرات الدموية الرئوية ، وتختلف هذه السعة تحت تأثير عدة عوامل مختلفة تشمل سمك النسيج الرئوى وسمك غشاء الكرات الحمراء وكمية البلازما الموجودة بين هواء الحويصلات والكرات الحمراء ويعتبر اكثر العوامل اهمية هو مساحة منطقة التقابل بين الحويصلات والدم فى الشعيرات الدموية .

وتتضاعف سعة الانتشار الرئوى للاكسوجين اكثر من ثلاث مرات أثناء النشاط البدنى ذو الحد الأقصى وهذه الزيادة تكون نتيجة زيادة الدفع القلبى التى تزيد من حجم الدم فى الشعيرات الدموية المتفتحة فى الرئتين أثناء النشاط البدنى ، وعند الراحة فى الوضع الراسى للجسم فان كثيرا من الشعيرات الدموية الرئوية تقفل وخاصة فى أعلى الرئتين نظرا لتأثير الجاذبية الأرضية على الدم الذى ينجذب الى الأجزاء المنخفضة من الرئتين ولذا فان عملية تبادل الغازات لا تتم بين الحويصلات الهوائية وكثير من الشعيرات الدموية المغلقة ، بينما يحدث نتيجة لزيادة الدفع القلبى أن يزيد الدم المندفع الى الشعيرات الدموية وتصبح معظم الشعيرات التى كانت مقفلة أثناء الراحة ممتلئة بالدم وهذا بالتالى يزيد من المساحة الخاصة بتبادل الغازات بين الشعيرات والحويصلات أثناء النشاط البدنى .

كما تزيد ايضا سعة انتشار ثانى اكسيد الكربون الرئوية اثناء النشاط البدنى كنتيجة لتحسن انتشار الدم فى الرئتين ، وتزيد سعة انتشار ثانى اكسيد الكربون بمقدار ٢٠ مرة أسرع من انتشار الأكسوجين .

يعتقد معظم الباحثين أن الشخص الأصغر سنا يستطيع مواجهة متطلبات النشاط البدنى المرتفع الشدة من ناحية الوظائف الرئوية ، ولا تتغير مستويات الأكسوجين وثانى أكسيد الكربون فى الدم الشريانى المندفع من البطين الأيسر أثناء أداء الحمل البدنى الأقصى عنها أثناء الراحة ، حيث تكفى تغيرات الجهاز التنفسى للمحافظة على المقادير الأساسية للأكسوجين وثانى اكسيد الكربون فى الدم الشريانى نتيجة تغيرات الانتشار الرئوية والتهوية الرئوية أثناء اداء النشاط البدنى ، بينما على العكس من ذلك بالنسبة لكبار السن حيث تقل معدلات التهوية الرئوية لديهم ولذا فان هذا يحد من مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين لديهم على حساب وظائف الرئة .

٧/٣/٧ — نسبة التنفس Respiratory Quetient (R Q) :

وهذه النسبة هى عبارة عن نسبة الغازات فى أثناء عملية التنفس وهى عبارة عن نسبة كمية ثانى اكسيد الكربون الى كمية الأكسوجين

فى هواء الزفير فى فترة زمنية محددة ، وتقــل كمية ثانى اكسيد الكربون اكثر من الأكسوجين أثناء الراحة والعمل العضلى الخفيف اى ان (R Q) يكون مقـدارها اقل من واحـد صحيح ، ويرجع ذلك الى زيادة عمليات الأكســدة لمواد الطاقة بالجسم فيتكون ثانى اكســيد الكربون والمــاء ولذا فان كثير من الاكسوجين الذى حصل عليه الجسم فى التنفس يخرج من الجسم مع هواء الزفير فى شكل ثانى اكسيد الكربون الا أن البعض منه يخرج من الجسم فى صورة ماء .

وتختلف نسبة التنفس (R Q) عن معامل التنفس Respiration Ratio ، (R R) حيث يشير معامل التنفس الى اكســدة المواد الغذائية فى الجسم ويتراوح عادة ما بين ٧ر. عند اكسدة الدهون الى واحد صحيح عند أكسدة الكربوهيدرات ، وفى كثير من الأحوال يختلف مقدار كل من « نسبة التنفس » و « معامل التنفس » وكمثال على ذلك ان اســتهلاك الاكسوجين فى بداية العمل العضلى يفوق تكوين ثانى اكسيد الكربون وهذا يقلل نسبة التنفس R Q وكذلك عند زيادة التهوية الرئوية الارادية وفى كلا الحالتين لا يعكس انخفاض نسبة التنفس حقيقة استهلاك الأكسوجين فى الأنسجة . وعلى العكس فان استهلاك الأكسوجين ينخفض بدرجة كبيرة بعد العمل العضلى غير أن الدم يدفع ما به من ثانى أكسيد الكربون الى الحويصلات الهوائية بالرغم من توقف العمل العضلى وبذلك يزيد ثانى اكسيد الكربون فى هواء الزفير ولذلك فان نسبة التنفس فى بداية فترة استعادة الاستشفاء عادة ما تزيد عن الواحد الصحيح .

وفى بعض الحالات تزيد نسبة التنفس عن واحد صحيح حيث يصاحب العمل العضلى المرتفع الشدة تشكيل كمية كبيرة من حامض اللاكتيك وغيره من الأحماض المتخلفة عن التمثيل الغذائى حيث يؤدى خروج هذه الاحماض من الخلايا العضلية الى الدم الى تخفيض درجة pH وبالتالى ينشط المنظم الحيوى المحتوى على البيكربونات ومنهــا ينفصــل ثانى اكسيد الكربون ويتم التخلص من زيادة ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن هذه العملية عن طريق الزفير ونتيجة لذلك تزيد نسبة التنفس عن الواحد الصحيح أثناء الحمــل

البدنى المرتفع الشـــدة والذى يعتمد فيـــه بالدرجة الأكبر على العمليات اللاهوائية لانتـــاج الطاقة .

وفى حالة الراحة الكاملة أو خـــلال فترة الحالة الثابتة Steady State عند أداء حمـــل بدنى ذو شـــدة معتـــدلة يلاحظ أن نسبة التنفس تنطبق مـــع « معامل التنفس » ولذلك فانه يعكس نســـبة أكســـدة الدهـــون والكربوهيدرات المستخدمة لانتاج الطاقة ، وبقدر زيادة شدة الحمل البدنى تزيد نسبة الاعتماد على الكربوهيـــدرات وتقـــل بالنسبة للدهون ويمكن أن تظهر عملية تحول استهلاك الدهون الى الكربوهيـــدرات من خـــلال نسبة التنفس .

٨/٣/٧ — تاثير الحمـــل البـــدنى على الضغط الجزئى لغـــازات التنفس :

ينخفض التوتر (الضغط) الجزئى للأكســـوجين فى الدم الشريانى عنـــه فى الحويصلات الهوائية بمقـــدار ٥ — ١٠ مم زئبق ، الا أن الفرق بين ضغط الأكسوجين فى الحويصلات والدم الشريانى * يزداد تدريجيـــا تبعا لزيادة شدة الحمل البدنى حتى يصل عند أقصى شدة الى ٢٥ — ٣٠ مم زئبق أو أكثر .

---

* يقصد هنا بالدم الشريانى الدم الموجود فى الأوردة الرئوية الذى يصب فى الأذين الأيمن أو تجويف البطين الأيسر أو الأورطة أو الشرايين الكبرى الرئيسية .

جـــدول (٢٥)

مكونات غازات الدم الشريانى والفرق فى الحويصلات والدم الشريانى لدى الرجال فى الراحة وعند العمل ذو الشدة المختلفة من ٦—٨ دقائق (عن : ديمبس وآخرون ١٩٧٧)

المتغـــــيرات	حالة الراحة	الشدة بنسبة استهلاك الأكسوجين			
		٢٠–٣٠ ٪	٤٠–٦٠ ٪	٦٥–٨٥ ٪	١٠٠ ٪
- توتر الأكسوجين فى الدم الشريانى (مم زئبق)	٩٠	٨٨	٩٠	٩٠	٩٣
- ضـــغط الأكســـوجين فى الحويصلات (مم زئبق)	٤٠	٤٢	٤٠	٣٥	٣٠
- pH الدم الشريانى	٤٠ر٧	٣٨ر٧	٣٨ر٧	٣٤ر٧	٢٩ر٧
- البيكربونات مل مكافىء/لتر	٢٥	٢٥	٢٣	١٩	١٤
- فرق الحويصـــلات والدم الشريانى فى توتر الأكسوجين (مم زئبق)	١٠	١٢	١٥	١٨	٢٥

ويلاحظ من الجدول (٢٥) زيادة الفرق فى ضغط الأكســـوجين بين حويصـــلات الدم الشريانى كلما ارتفعت شدة الحمل البدنى ، وعند زيادة شدة الحمل بدرجة كبيرة ينخفض توتر الأكسوجين الشريانى حيث لا يجد الدم الوقت الكافى للتشبع بالأكســـوجين أثناء مروره بالرئتين نظرا لزيادة سرعة سريان الدم ، وقد يعتبر انخفاض توتر الأكسوجين فى الدم الشريانى ســـببا رئيســـيا لزيادة فرق ضـغط الأكســـوجين بين الحويصلات والدم الشريانى عند أداء العمل العضلى الهوائى ذو الشدة القصوى .

٩/٣/٧ — كتم التنفس والتهوية الرئوية الارادية :

يقوم الجسم أثناء كتم التنفس باستخدام كمية الأكسوجين الاحتياطى القليلة فيه ، ففى أثناء التنفس الهادىء تحتوى الرئتان على حوالى ٤٠٠

ملليلتر اكسوجين ويحتوى الدم على حوالى لتر اكسوجين وتحصل الأنسجة على حوالى ٦٠٠ ملليلتر من هذه الكمية لاستهلاكها ، وهذا يكفى حاجة الجسم فى حالة الراحة لمدة دقيقتين ، وعادة يبلغ كتم زمن التنفس حوالى دقيقة ، وخلال هذه الفترة تزيد محتوى ثانى اكسيد الكربون ويقل الأكسوجين فى الدم ، ويمكن أن ينخفض توتر الأكسوجين الجزئى فى الدم الشريانى أثناء كتم التنفس ليصل الى حوالى ٦٠ — ٧٥ مم زئبق (فى الراحة حوالى ١٠٠ مم زئبق) ، ويبلغ توتر ثانى اكسيد الكربون الجزئى ٤٣ — ٥٠ مم زئبق (فى الراحة ٤٠ مم زئبق) ، وتؤدى زيادة توتر ثانى أكسيد الكربون الجزئى فى الدم الشريانى الى منع عملية كتم التنفس اكثر من نقص توتر الأكسوجين ، وبناء على هذه الحقيقة فان زيادة التهوية الرئوية الارادية تؤدى الى زيادة طول فترة كتم التنفس حيث تؤدى زيادة التهوية الرئوية الارادية الى تقارب مكونات هواء الحويصلات الى مكونات الهواء الجوى ، وبناء على ذلك يرتفع الضغط الجزئى للأكسوجين فى الحويصلات وفى الدم الشريانى الى حوالى ١٣٥ مم زئبق بينما يقل الضغط الجزئى لثانى اكسيد الكربون ليصل الى حوالى ٢٠ مم زئبق ، وكنتيجة لذلك يزيد احتياطى الأكسوجين فى الجسم بحوالى ١٠٠ ملليلتر . ولذلك فان زيادة احتياطى الأكسوجين فى الجسم لا تعتبر سببا لزيادة طول فترة كتم التنفس بعد التهوية الرئوية الارادية بالمقارنة بالظروف العادية ، ويعتبر التأثير الأكبر للتهوية الارادية هو تقليل محتوى ثانى اكسيد الكربون فى الحويصلات والدم الشريانى ، وبفضل ذلك يزيد زمن كتم التنفس حتى يصل الى أقصى حد لتوتر ثانى اكسيد الكربون فى الدم الشريانى مما يؤدى الى منع كتم التنفس ، ويؤدى زيادة زمن كتم التنفس الى زيادة استهلاك الأكسوجين ، وبالتالى الى زيادة انخفاض محتواه فى الدم عند نهاية فترة كتم التنفس ، ويتوقف كتم التنفس بعد زيادة التهوية الرئوية الارادية عندما يصل توتر ثانى أكسيد الكربون الى مستواه العادى (حوالى ٤٠ مم زئبق) حيث ينخفض توتر الأكسوجين فى الدم الشريانى حتى يصل الى حوالى ٤٥ مم زئبق ، وهذا دليل على أن نقص الأكسوجين لا يعتبر السبب الأساسى فى ايقاف كتم التنفس نظرا لعدم منع كتم التنفس قبل انخفاض توتر الأكسوجين الى هذا المستوى .

ويجب التحذير من ملاحظة هامة وهى ان بقدر تاثير التهوية الرئوية الارادية على اطالة فترة كتم التنفس الا ان ذلك له خطورته على الشخص وقد يؤدى الى فقد الوعى حيث ان انخفاض التوتر الجزئى للاكسوجين بدرجة كبيرة فى الدم الشريانى خاصة اذا ما تعدى هذا الانخفاض الحد الادنى لتوتر الاكسوجين الذى يمكن ان يساعد على قيام الجهاز العصبى بوظائفه الطبيعية وهو ٢٥ — ٣٠ مم زئبق ، ويعنى هذا أن الانسان يستطيع أن يكتم تنفسه لمدة طويلة تحت الماء فى السباحة اذا تام قبل ذلك بزيادة التهوية الرئوية ، الا ان هذا له خطورته حيث قد يؤدى الى فقد الوعى نتيجة زيادة انخفاض توتر الاكسوجين الى مستوى كبير .

جدول (٢٦)

الضغط الجزئى والضغط العام للغازات فى الهواء وفى الدم

المتغيرات	الضغط الجزئى (مم زئبق)				الضغط الكلى
	الماء	ثانى اكسيد الكربون	الأكسوجين	النتروجين	(مم زئبق)
هواء الشهيق	—	٣ر٠	٢٦٠	٦٠٠	٧٦٠
هواء الخويصلات	٤٧	٤٠	١٠٤	٥٦٩	٧٦٠
هواء الزفير	٤٧	٣٢	١١٦	٥٦٥	٧٦٠
الدم الشريانى	٤٧	٤٠	١٠٠	٥٧٣	٧٦٠
الدم الوريدى	٤٧	٤٦	٤٠	٥٧٣	٧٠٦
الدم الوريدى من الكلى	٤٧	٤٣	٦٠	٥٧٣	٧٢٣
الدم الوريدى من العضلات	٤٧	٥٠	٣٠	٥٧٣	٦٩٠

ويؤدى التأثير الثانى لزيادة التهوية الرئوية الى نقص محتوى ثانى اكسيد الكربون فى الدم الشريانى مما يؤدى الى انخفاض تركيز ايون

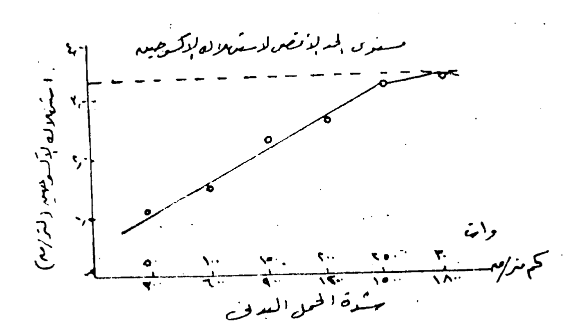
الهيدروجين ، بمعنى رفع درجة pH الدم فى الاتجاه القلوى ، وهذا يؤدى الى تضيق الأوعية الدموية وخاصة اوعية المخ ، مما يؤدى الى شعور الشخص بالدوار والتشنجات ، ويؤدى كتم التنفس الى مضاعفة الضغط الداخلى فى التجويف الصدرى ، وكنتيجة لذلك يقل الدفع القلبى ، وهذا يساعد على عدم كفاية امداد المخ بالأكسوجين نظرا لضيق الأوعية الدموية اثناء ذلك ، مما يؤدى الى فقدان الوعى مؤقتا .

ولذا لا ينصح عند الغطس تحت الماء بدون استخدام اجهزة بأداء التهوية الرئوية الارادية لتجنب حدوث الاعراض السابق ذكرها ويكفى فى مثل هذه الحالات اداء عدة مرات شهيق قبل كتم التنفس .

ويؤدى التنفس التمهيدى بالأكسوجين الى زيادة زمن كتم التنفس حيث لا يرتبط ذلك اساسا بزيادة احتياطى الأكسوجين فى الرئتين ، حيث لا يزيد توتر ثانى أكسيد الكربون بأكثر من ٥ — ١٠ مم زئبق فى نهاية فترة كتم التنفس عن الظروف العادية ، ولذا فان تنفس الأكسوجين النقى قبل كتم التنفس عند الغطس تحت الماء يزيد من فترة البقاء تحت الماء .

١٠/٣/٧ — الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين

لا تستطيع العضلات الاستمرار فى العمل العضلى بدون الاكسوجين (لاهوائى) اكثر من عشرات الثوان ، ولكن يمكن ان يستمر العمل العضلى لاكثر من دقيقة فى حالة استمرار امداد العضلات بالأكسوجين عن طريق نقله من الرئتين الى العضلات العاملة ، وكلما زادت شدة الحمل زادت سرعة استهلاك الاكسوجين (شكل ٦٧) ، ويطلق على اكبر سرعة لاستهلاك الاكسوجين اثناء العمل العضلى باستخدام اكثر من ٥٠٪ من عضلات الجسم الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين أو القدرة الهوائية القصوى .



(شـــــكل ٦٧)

العلاقة بين شـــــدة الحمل البدنى على الأرجوميتر
وسرعة استهلاك الاكسوجين اثناء العمل العضلى

٧/٣/١٠/١ — علامات الوصول الى الحـد الاقصى لاســتهلاك الاكســـــوجين :

١ — عدم زيادة استهلاك الاكسوجين عند زيادة شدة الحمل البدنى .

٢ — زيادة معدل القلب عن ١٨٠ — ١٨٥ ضربة / دقيقة .

٣ — زيادة نسبة التنفس (RQ) عن ١ر١ .

٤ — لا يقل تركيز حامض اللاكتيك فى الدم عن ٨٠ — ١٠٠ ملليجرام ٪ .

٧/٣/١٠/٢ — الحد المطلق والنسبى لاقصى استهلاك للاكسوجين

يعبر عن الحــد الاقصى المطلق لاستهلاك الاكسوجين بعــدد اللترات المستهلكة من الاكسوجين فى الدقيقة الواحدة (لتر / دقيقة) ، بينما يعبر عن الحــد الاقصى النسبى لاســتهلاك الأكســـوجين بعــدد ملليلترات الأكسوجين مقابل كل كيلوجرام من وزن الجسم فى الدقيقة الواحدة وتحسب بقسمة الحد المطلق لاقصى استهلاك اكسوجين بالملليترات على وزن الجسم بالكيلو جــرام فيكون النــاتج تميزه ملليلتر / كجم / دقيقــة وحتى مرحلة

البلوغ (١٢ — ١٤ سنة) لا توجد فروق بين البنين والبنات فى مقدار الحد الأقصى المطلق ، ولكن بعد هذه المرحلة فان الحد الأقصى المطلق لدى الاناث يقل دائما عن الذكور بمقدار ٢٥ — ٣٠٪ ويصل الانسان الى أقصى متوسط للحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين المطلق فى سن ١٨ — ٢٠ سنة ثم يقل بعد ذلك تدريجيا مع زيادة العمر حتى يصل فى عمر ٦٠ — ٧٠ سنة الى حوالى ٧٠٪ من مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين فى عمر ٢٠ — ٣٠ سنة ، ويرجع اختلاف الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين بين الأطفال والكبار والذكور والاناث الى اختلاف وزن الجسم ، ويقل الفرق بين الذكور والاناث فى مقدار الحد الأقصى النسبى لاستهلاك الأكسوجين حيث تقل الاناث عن الذكور بمقدار ١٥ — ٢٠٪ مقابل ٢٥ — ٣٠ ٪ بالنسبة للاستهلاك المطلق (جدول ٢٧) .

جـــدول (٢٧)

مستويات الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين لمختلف الأعمار

(عن : استراند Astrand ، ١٩٦٠)

العمر (سنة)	الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين	منخفض	عادي	متوسط	جيد	مرتفع
(السيدات)		يساوى او اقل				يساوى او اكثر
٢٠ — ٢٩	مطلق	١ر٦٩	١ر٧٠ — ١ر٩٩	٢ — ٢ر٤٩	٢ر٥٠ — ٢ر٧٩	٢ر٨٠
	نسبى	٢٨	٢٩ — ٣٤	٣٥ — ٤٣	٤٤ — ٤٨	٤٩
٣٠ — ٣٩	مطلق	١ر٥٩	١ر٦٠ — ١ر٨٩	١ر٩٠ — ٢ر٣٩	٢ر٤٠ — ٢ر٦٩	٢ر٧٠
	نسبى	٢٧	٢٨ — ٣٣	٣٤ — ٤١	٤٢ — ٤٧	٤٨
٤٠ — ٤٩	مطلق	١ر٤٩	١ر٥٠ — ١ر٧٩	١ر٨٠ — ٢ر٢٩	٢ر٣٠ — ٢ر٥٩	٢ر٦٠
	نسبى	٢٥	٢٦ — ٣١	٣٢ — ٤٠	٤١ — ٤٥	٤٦
٥٠ — ٦٥	مطلق	١ر٢٩	١ر٣٠ — ١ر٥٩	١ر٦٠ — ٢ر٠٩	٢ر١٠ — ٢ر٣٩	٢ر٤٠
	نسبى	٢١	٢٢ — ٢٨	٢٩ — ٣٦	٣٧ — ٤١	٤٢
(الرجال)						
٢٠ — ٢٩	مطلق	٢ر٧٩	٢ر٨٠ — ٣ر٠٩	٣ر١٠ — ٣ر٦٩	٣ر٧٠ — ٣ر٩٩	ر٤
	نسبى	٣٨	٣٩ — ٤٣	٤٤ — ٥١	٥٢ — ٥٦	٥٧
٣٠ — ٣٩	مطلق	٢ر٤٩	٢ر٥٠ — ٢ر٧٩	٢ر٨٠ — ٣ر٣٩	٣ر٤٠ — ٣ر٦٩	٣ر٧٠
	نسبى	٣٤	٣٥ — ٣٩	٤٠ — ٤٧	٤٨ — ٥١	٥٢
٤٠ — ٤٩	مطلق	٢ر١٩	٢ر٢٠ — ٢ر٤٩	٢ر٥٠ — ٣ر٠٩	٣ر١٠ — ٣ر٣٩	٣ر٤٠
	نسبى	٣٠	٣١ — ٣٥	٣٦ — ٤٣	٤٤ — ٤٧	٤٨
٥٠ — ٥٩	مطلق	١ر٨٩	١ر٩٠ — ٢ر١٩	٢ر٢٠ — ٢ر٧٩	٢ر٨٠ — ٣ر٠٩	٣ر١٠
	نسبى	٢٥	٢٦ — ٣١	٣٢ — ٣٩	٤٠ — ٤٣	٤٤
٦٠ — ٦٩	مطلق	١ر٥٩	١ر٦٠ — ١ر٨٩	١ر٩٠ — ٢ر٤٩	٢ر٥٠ — ٢ر٧٩	٢ر٨٠
	نسبى	٢١	٢٢ — ٢٦	٢٧ — ٣٥	٣٦ — ٣٩	٤٠

٣/١٠/٣/٧ — العوامل الأساسية لتحديد الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين :

يرتبط مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الإكسوجين بمدى كفاءة عمليات نقـل الأكسوجين الى الأنسجة وعمليات استهلاك الأكسوجين فى هـذه الأنسجة وتعتمد هذه العمليات على كفاءة أجهزة الجسم فى القيام بدورها وهى :

(أ) اجهزة نقـل الأكسوجين :

وتشمل الجهاز التنفسى والدم والجهاز الدورى وتتحدد امكانية هذه الأجهزة بمقدار محتوى الأكسوجين فى الدم الشريانى وحجم الدفع القلبى ومحتوى الأكسوجين فى الدم الوريدى .

(ب) اجهزة استهلاك الأكسوجين :

واه دور لها هو ما تقو به العضلات الهيكلية وكذلك عضلات التنفس وعضلة القلب فى استهلاك الأكســوجين بدرجات معينة . وتتحدد سرعة وحجم استهلاك الأكسوجين بمقدار ما يحتويه الدم الوريدى من الأكسوجين.

٤/١٠/٣/٧ — العمليات الأساسية لاستهلاك الأكسوجين :

يتوقف مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين على ثلاث عمليات اساسية هى امتصاص الأكسوجين من البيئة الخارجية ونقل الأكسوجين من الرئتين الى العضلات العاملة عن طريق الدم واســتهلاك الأكسوجين فى العضــلات العاملة .

(أ) امتصاص الأكسوجين من البيئه الخارجية :

وهذه العملية لها اهميتها لزيادة اقصى امكانية لمحتوى الأكســوجين بالدم الشريانى وتعتمد هذه العملية اساسا على التهوية ومن هنا يمكن تفسير العلاقة المباشرة بين التهوية الرئوية والحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين ، أما العملية الثانية فى امتصاص الأكسوجين فهى عملية انتشار الأكسوجين من الحويصلات الى الدم وترتبط سرعة هــذه العملية بخاصيه الانتشار للرئتين والتى كلما زادت ارتفــع مســتوى الحــد الأقصى لاســتهلاك الأكسوجين .

(ب) نقـل الاكسوجين بواسطة الدم :

يتم نقل الاكسوجين بواسطة الدم من الرئتين الى الانسـجة عن طريق الجهاز الدورى ، وتعتمد الكمية التى يمكن ان ينقلها الدم فى وحدة قياس زمنية على مقدار الاكسوجين الذى يحتويه الدم الشريانى مضروبا فى الدفع القلبى ، ومن هـذه المعادلة يمكن ملاحظة ان نقـل الاكسوجين يعتمد على مجموعتين من العوامل هما :

عوامل دينامية الدم بمعنى مكونات الدم التى تحدد مقدرته على حمل الاكسوجين الى العضلات العاملة والاعضاء النشطة الاخرى (القلب — عضلات التنفس) والاعضاء غير العاملة والانسجة الاخرى .

ويعتبر الهيموجلوبين فى الدم من هذه العوامل المؤثرة على دينامية الدم حيث يؤدى نقص الهيموجلوبين الى نقص الحـد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين .

ويعتبر حجم الدم ولزوجتـه من العوامل المؤثرة على دينامية الدم لما لهما من تأثير على الدفع القلبى وبعض العوامل الاخرى .

ومن أهم عوامل تحديد الحـد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين الدفع القلبى وتوزيع الدم على الاعضـاء العـاملة وغـير العـاملة بالجسم ولهـذان العاملان تاثيرهما على امداد العضلات العاملة بالدم .

ويعتبر الدفع القلبى من اهم عوامل تحديد الحد الاقصى لاستهلاك الاكسـوجين حيث ان زيادة الدفع القلبى تعنى زيادة نقـل الاكسوجين الى العضلات وبالتالى الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين وهناك علاقة موجبة بين زيادة الدفع القلبى وزيادة الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين .

ويرتبط الدفع القلبى بمعـدل القلب وحجم الضربة ولذا فان هناك علاقة موجبـة بين حجم القلب والحـد الاقصى لاسـتهلاك الاكسوجين كما ان هناك علاقة موجبـة بين حجم الدم السـارى فى الدورة الدموية والحد الاقصى لستهلاك الاكسوجين لما لهذا الحجم من الدم من تاثير على الدفع القلبى وبالتالى على الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين .

ويؤثر توزيع الدم اثناء العمل العضلى على الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين حيث يرتبط مستوى استهلاك الاكسوجين بسرعة استهلاك العضلات للاكسوجين وبالتالى بسرعة توفير الاكسوجين لهذه العضلات ويحدد حجم هذا الاكسوجين الدفع القلبى الذى يدفع الدم الى العضلات العاملة وكلما تم توزيع الدم بحيث يتجه اكثره الى العضلات العاملة يزيد الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين ، وتلعب مساحة شبكة الشعيرات الدموية دورا هاما فى انتقال الاكسوجين من الدم الى الاليــاف العضلية العاملة فكلما زاد عدد الشعيرات الدموية المتفتحة فى العضلة زادت فرصة توصيل الاكسوجين لها وبالتالى زاد الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين .

(جـ) حجم العضلات العاملة والحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين :

يرتبط الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين بمقدار العضلات العاملة. فعند العمل العضلى ذو الشدة المرتفعة ولكن باستخدام عدد قليل من العضلات فان الانسان لا يمكن ان يصل الى الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين حيث لابد وان تشترك فى العمل العضلى اكثر من ٥٠٪ من عضلات الجسم لكى يصل الانسان الى الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين ، ويبلغ اقصى حد لاستهلاك الاكسوجين باستخدام عضلات الذراعين فقط مستوى اقل من استخدام عضلات الرجلين بحوالى ٣٠٪ كما أن استهلاك الاكسوجين عند العمل على الدراجة الثابتة (الأرجوميتر) باستخدام رجل واحدة يقل بحوالى ٣٠٪ عن مستوى استهلاك الاكسوجين عند استخدام كلا الرجلين ، كما ان استخدام الارجوميتر يقلل اســتهلاك الاكسوجين بحوالى ٧٪ بالمقارنة باستخدام السير المتحرك المرتفع بزاوية لأعلى ، ولا يؤثر استخدام باقى العضلات عند ذلك على زيادة الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين حيث انه يتساوى عند الجرى فى صعود المرتفع سواء باستخدام حركة الذراعين او عدم استخدامهما وكلما زادت سرعة استهلاك الاكسوجين يقل محتوى الدم الوريدى منه وهـذا يعتبر احـد العوامل الهامة لتحديد الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين ويرتبط ذلك بكثير من العوامل الداخلية للبنة العضلية مثل كمية الميتوكوندريا ونشاط الأنزيمات وتركيز مصادر الطاقة والميوجلوبين وغيرها .

٥/١٠/٣/٧ — العوامل المعوقة للحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين :

لا يتأثر مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين لدى الشخص البالغ السليم صحيا بوظائف الجهاز التنفسى الخارجى وتدل على ذلك الحقائق التالية :

(أ) يصل الشخص الى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين قبل الوصول الى الحد الأقصى للتهوية الرئوية .

(ب) عند اداء الحمل البدنى المرتفع الشدة (اقل من الحمل الأقصى) فان التهوية الرئوية قد تزداد او تنخفض بعد الوصول الى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين .

(جـ) لا يتأثر الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين عند مضاعفة الحمل الميكانيكى على الجهاز التنفسى مثل المقاومة الصناعية للشهيق .

يلاحظ عند زيادة شدة الحمل البدنى وارتفاع مستوى التهوية الرئوية والحويصلات زيادة الضغط الجزئى للأكسوجين فى هواء الحويصلات ويقل الضغط الجزئى لثانى اكسيد الكربون بالمقارنة بمستواهما اثناء الراحة .

وهذا يوضح زيادة فاعلية تبادل الغازات فى الرئتين مما يساعد على سرعة انتقال الأكسوجين الى الدم ولا يوجد دليل على أن سرعة انتشار الأكسوجين من خلال غشاء الحويصلات لا يعتبر عاملا معوقا للحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين ، حيث يلاحظ أن كفاءة انتشار الأكسوجين تزيد أثناء النشاط البدنى ٢ — ٣ مرات بالمقارنة بوقت الراحة وبذلك فهى تصل الى الحد الأقصى لها عندما يكون مستوى استهلاك الأكسوجين يبلغ حوالى ٥٠٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين .

ولا يتغير التوتر الجزئى للأكسوجين فى الدم الشريانى عند اداء العمل العضلى عند مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين .

وبناء على ما سبق فان عمليات نقل الأكسوجين لا تعتبر معوقا للوصول الى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين حيث لا يعتبر انتشار

الأكسوجين من الرئتين الى الدم عاملا معوقا للحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين بالنسبة للشخص السليم البالغ ، ولكن بالنسبة لكبار السن فان الحد الاقصى للتهوية الرئوية ينخفض ولذا فان الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين لديهم يمكن أن ينخفض نتيجة انخفاض مستوى التهوية الرئوية . هذا بالاضافة الى انخفاض صفة الانتشار فى الرئتين لديهم ايضا مما يؤدى الى انخفاض التوتر الجزئى للأكسوجين عند اداء الحمل الاقصى .

وفى الوقت الحالى توجد نظريتان عن العوامل المعوقة للحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين :

النظرية الأولى (الكلاسيكية) :

وهى تنسب اعاقة الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين الى عملية نقل الأكسوجين والتى يقوم بها الجهاز الدورى وبصفة خاصة القلب .

النظرية الثانية :

تؤكد أن اعاقة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين ترجع أساسا الى نظام استهلاك الأكسوجين بمعنى قدرة العضلات العاملة فى الحصول على الأكسوجين واستخدامه فى أكسدة مواد الطاقة .

١١/٣/٧ — نقص الاكسوجين « الهيبوكسيا » : Hypoxia

ظهر الاهتمام بموضوع الهيبوكسيا « نقص الأكسوجين » خلال السنوات الأخيرة وظهرت بعض الدراسات التى تدعو الى استخدام التدريب مع نقص الأكسوجين لرفع مستوى الاداء الرياضى باعتبار أن التدريب بنقص الاكسوجين يؤدى الى زيادة الدين الأكسوجين باستخدام شدة حمل بدنى أقل مع تقليل عدد مرات التنفس مما يؤدى الى نقص الاكسوجين حتى على مستوى الخلية وقد اطلق على هذا النوع من التدريب التدريب بنقص الاكسوجين Hypoxic Training وقد بدا الاهتمام بهذا النوع من التدريب منذ أن استخدمه بعض مدربى السباحة القوى بألمانيا الشرقية وامريكا عام ١٩٧٣ — ١٩٧٤ .

وقد مر مصطلح الهيبوكسيا بعدة تطورات بدأت منذ أطلق عليه

باركروفت اســـم « انوكسايميــا » "Anoxaemia" لوصف حالة نقص الأكســـوجين فى الدم ، ثم اطلق فان سليك مصطلح انوكســـيا Anoxia بمعنى بدون اكسوجين No Oxygen الى ان اصبح حاليا المصطلح الشائع هو الهيبوكســـيا وهناك اربعــة اســـباب لحالة الهيبوكســـيا او نقص الأكسوجين هى :

١ — نقص الأكسوجين الناتج عن انخفاض توتره :

وفى هذا النوع يقل توتر الأكسوجين فى الشعيرات الدموية أقل من المستوى العادى نتيجة انخفاض سرعة انتشار الأكســـوجين من الدم الى الأنسجة مما يظهر علامات نقص الأكســـــوجين ، وعادة لا يصاحب حالة الراحة ظهور علامات نقص الأكسوجين ولكنها سرعان ما تظهر فى حالة اداء النشاط البدنى وتظهر هذه الحالة لعدة أسباب منها :

— المرتفعـــات .

— استنشاق هواء يحتوى على نسبة اكسوجين اقل .

— التنفس السطحى السريع .

— الأمراض الرئوية .

٢ — فقر الدم Anaemic Hypoxia :

ويرتبط هذا النوع بعدم قدرة الهيموجلوبين على حمل الأكسوجين ؛ ويحدث ذلك فى جميع أنواع فقر الدم وسوء التهوية .

٣ — نقص الأكســوجين الراكد Stagnant Hypoxia :

وتحدث نتيجة نقص سريان الدم الى الانسجة .

٤ — نقص الاكسوجين نتيجة تسمم الأنسجة Histotoxic Hypoxia :

وتحدث نتيجة تسمم أنزيمات الأكسدة فى الانسجة مما يؤدى الى عدم قدرة الأنسجة على استهلاك الأكسوجين .

طريقة التدريب بنقص الأكسوجين Hypxic Training :

ومما سبق يلاحظ أن نقص الأكسوجين عن الأنسجة ، يمكن أن يتم بطرق مختلفة من الوجهة الفسيولوجية ، غير اننا هنا فى المجال الرياضى

يمكن أن نستفيد من ذلك بتعمد التقليل من توصيل الاكسوجين الى الخلايا عن طريق تقليل عدد مرات التنفس أثناء الاداء ، ففى حالة الجرى مثلا يمكن اداء الشهيق خلال ٦ خطوات وكتم التنفس خلال ٦ خطوات اخرى ثم اخراج الزفير خلال ٦ خطوات وبذلك يقل المجموع العام لعدد مرات التنفس خلال قطع المسافة ، وقد طبقت هذه الطريقة بنجاح فى السباحة والجرى وبدات الدراسات فى هذا المجال منذ عام ١٩٧٣ — ١٩٧٤ ، وقد اجرى هولمان وليسن دراسة باستخدام طريقة اخرى لتقليل الاكسوجين عن طريق استنشاق هواء يحتوى على ١٢٪ اكسوجين بدلا من ٢١٪ اثناء التدريب باستخدام الدراجة الثابتة او السير المتحرك ، وقد نتج عن هذه الدراسات تحسن الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين ، ويمكن تلخيص فوائد هذ النوع من التدريب فيما يلى :

(أ) الاقتصاد فى توزيع الدم داخل العضلة مما يزيد من فاعلية الدم الوارد الى العضلة .

(ب) زيادة كفاءة التمثيل الغذائى فى خلال الوحدة الزمنية .

(جـ) زيادة الكفاءة فى انتاج ATP هوائيا ولا هوائيا من خلال زيادة عدد الميتوكوندريا وكذلك كمية مخزون الجليكوجين فى العضلات مع زيادة الأنزيمات المساعدة على انتاج ATP خلال نظام حامض اللاكتيك وهذا بدوره يساعد على تحسين الأداء فى المسافات التى تزيد عن ١٠٠ متر وكذلك المسافات الأطول والتى تزيد عن ٤٠٠ متر ، غير أن استخدام طريقة التدريب مع تقليل الأكسوجين يتطلب الحذر من خلال مراعاة بعض الشروط والتى يمكن ذكرها فيما يلى :

(أ) لا يسمح باستخدام نقص الأكسوجين بدرجة كبيرة حتى لا يحدث الاغماء ويلزم الحذر .

(ب) اذا حدث شعور بالصداع نتيجة التدريب واستمر ذلك أكثر من نصف ساعة فيقل استخدام نقص الأكسوجين فى التدريب ويراعى دائما مبدأ التدرج فى زيادة الحمل .

(جـ) لا يستخدم اكثر من ٢٥ — ٥٠٪ من الحجم الكلى لجرعة التدريب عند استخدام التدريب بنقص الأكسجين .

(د) تستخدم تدريبات نقص الأكسوجين مع تحديد السرعة بحيث يؤدى عدد قليل جدا من التكرارات السريعة باستخدام هذه الطريقة .

(هـ) لا يجب استخدام نقص الأكسوجين خلال السباقات على أن يستخدم كل لاعب الأسلوب الذى تعود عليه فى تنظيم عملية التنفس .

(و) يراعى الا يؤدى التدريب بنقص الأكسوجين الى التأثير على الأداء الفنى بحيث يقصر مسار الشد فى السباحة مثلا .

الفصل الثامن

٨ ـ الجهاز الهضمى

١/٨ ـ مقدمة .

٢/٨ ـ تركيب الجهاز الهضمى ووظائفه .

٣/٨ ـ الجهاز الهضمى والتدريب الرياضى .

٨ – الجهـــاز الهضـــمى

١/٨ – مقـــدمة :

يقوم الجهاز الهضــمى بوظيفة الهضم وهى عملية الاعداد الفزيائى والكيميائى للمواد الغذائية حتى يمكن تحويلها الى مواد يســهل امتصاصها واستيعابها فى الدم ، وبناء على ذلك فان عملية الهضم تعتبر مرحلة أولية للتمثيل الغذائى .

ويتم الاعداد الفزيائى للمواد الغذائية عن طريق خلطها وتحويلها الى ســائل ، بينما يتم الاعداد الكيميائى للطعام تحت تأثير الانزيمات التى تحتويها العصارات الهضمية ، ومن خلال ذلك يتم تحويل المواد الغذائية المركبة الى مواد بسيطة يسهل امتصاصها وسريانها فى الدم لكى يستوعبها الجســم ، وعلى هذا يتم امتصاص البروتين فى شـــكل أحماض أمينية والدهون فى شكل الجلسرين والأحماض الدهنية ، وتتحول الكربوهيدرات الى ســكر الجلوكوز ، ولا يتم اى اعداد للماء والأملاح المعدنية وبعض المواد العضوية البسيطة وتمتص فى الدم كما هى .

٢/٨ – تركيب الجهاز الهضمى ووظائفه :

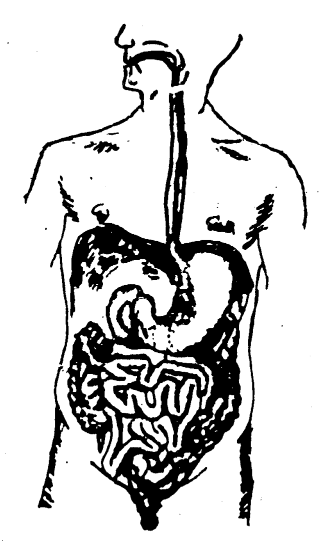
يتكون الجهاز الهضمى من مجموعة أعضــاء يقوم كل منه بدوره فى عملية الهضم ، وفيما يلى وظيفة كل عضــو من أعضــاء الجهاز الهضمى (شــكل ٧٠) .

١/٢/٨ – الفــم :

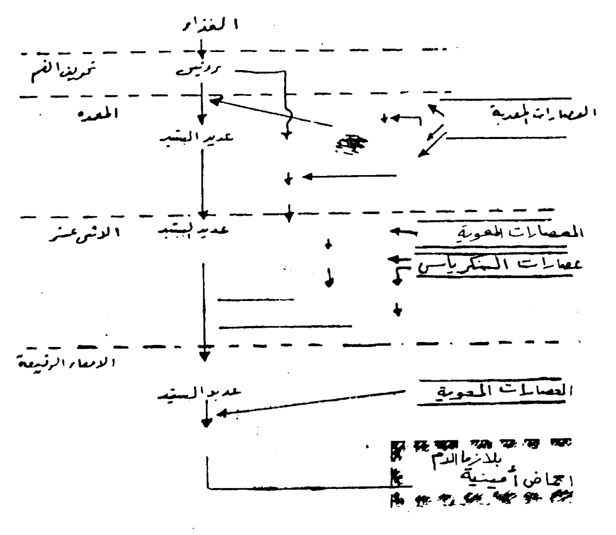
يبقى الطعام فى تجويف الفم حوالى ١٥ – ١٨ ثانية يتم فيها اعداده فزيائيا وكيميائيا ، حيث يوجد فى الفم ثلاثة ازواج من الغدد اللعابية وهم الغدتان النكفيتان وهما اســفل الأذنين ، كما تجد غدتان اســفل الفك السفلى وغدتان تحت اللســان ، وتفرز هذه الغدد اللعاب الذى يحتــوى على الانزيمات التى تقوم بتحويل المواد النشوية الى مواد سكرية ذائبة ،

وهذه الانزيمات تعمل فى وسط متعادل التفاعل ويقل نشاطها فى الوسط الحمضى ، ويتم افراز اللعاب نتيجة لفعل منعكس غير ارادى نتيجة لتنبيه النهايات العصبية الحسية الموجودة فى الفم ، كما تساعد رائحة وشكل الطعام على افراز اللعاب . ويرتبط افراز اللعاب بنوعية الطعام فى الفم ، فالطعام الجاف يقابله افراز كمية اكبر من اللعاب .

وينتقل الطعام من الفم الى المعدة عن طريق المرىء وهو عبارة عن قناة عضلية تمتد من العنق حتى المعدة حيث يدفع اللسان المواد الغذائية بعد ان تصبح مضغة او بلعة الى البلعوم الذى يدفعها الى المرىء الذى تقوم عضلاته بالانقباض والانبساط لدفع البلعة الى اسفل خلال فترة زمنية تتراوح من ٨ — ٩ ثوان للمواد الغذائية الصلبة وبالنسبة للسوائل من ١ — ٢ ثانية .



(شكل ٦٨)
الجهاز الهضمى



(شـــكل ٦٩)

دور اعضاء الجهاز الهضمى فى هضم البروتين

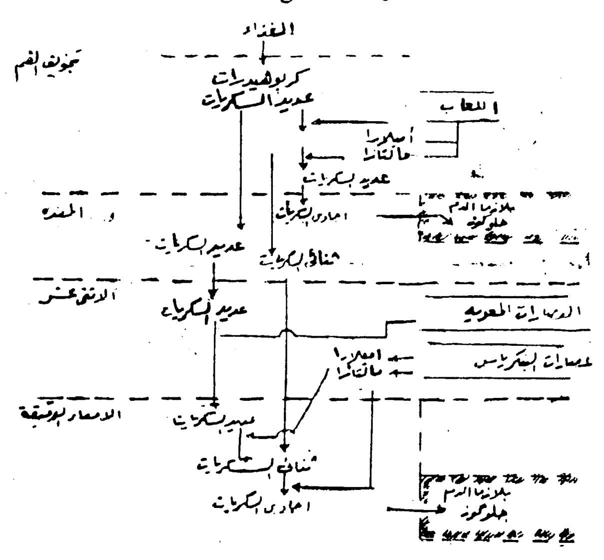
٢/٢/٨ — المعـــدة :

توجد المعدة اسفل الحجاب الحاجز فى التجويف البطنى ، ولها فتحتان الفتحة العليا وتسمى فتحة **الفؤاد** ، والفتحة السفلى وتسمى فتحة البواب وتقوم المعدة بافراز **العصارات المعدية وتتكون هذه العصارات من حامض** الهيدروكلوريك وانزيم **الببســـين وانزيم الرينين ومواد مخاطية** ، ويقوم حامض الهيدروكلوريك بدور هام فى القضـــاء على كثير من الجراثيم التى يحتمل تواجدها فى الطعـــام ، بينما يقوم انزيم الببســـين بتحويل المواد البروتينية الى مواد بسيطة التركيب ذائبة تسمى الببتونات ، ويقوم انزيم الرينين بتأثيره على هضـــم اللبن ، أما المواد المخاطية فهى تحمى جدار

المعدة من تأثير انزيم الببسين ويستمر وجود الطعام فى المعدة من ٦ — ٨ ساعات .

٣/٢/٨ — الأمعاء الرفيعة :

تعتبر الاثنى عشر هى الجزء الأول من الامعاء الرفيعة ، وسميت بهذا الاسم لأن طولها يبلغ حوالى ١٢ بوصة وفى هذا الجزء يصب على المواد الغذائية ثلاث عصارات هامة هى :



(شـــكل ٧٠)

دور أعضاء الجهاز الهضمى فى هضم الكربوهيدرات

١ — عصارة البنكرياس :

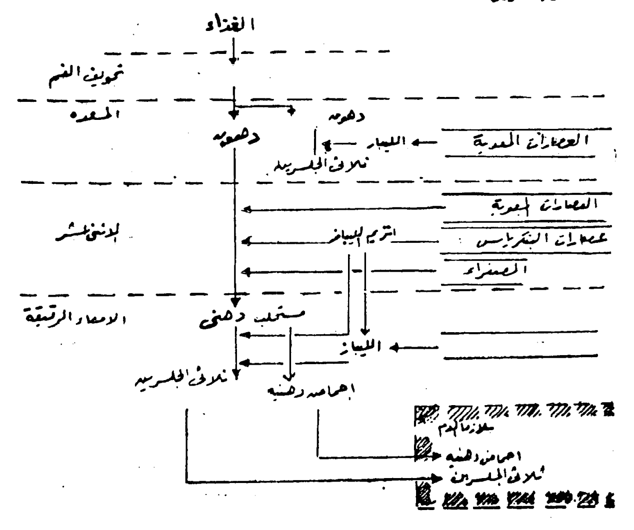
وهذه العصـــارة تفرزها غـدة البنـكرياس التى تقـــع خلف الجزء الأســـفل من المعدة ولها قناة تفتح فى الجزء الثانى من الاثنى عشر

لتوصيل العصارة الهاضمة ، وهذه العصـــارة تحتوى على ثلاثة انزيمات هاضمة قوية هى :

— **انزيم التربسين** : وهو يقوم بتحويل المواد البروتينية الى الأحماض الأمينية .

— **انزيم الأميلوسين** : وهو يقوم بتحويل المواد النشوية التى لم يهضمها اللعاب الى مواد سكرية ذائبة .

— **انزيم الأستيابسين** : وهو يحول الدهون الى احماض دهنية ذائبـــة وجلسرين .



(شـــكل ٧١)

دور أعضاء الجهاز الهضمى فى هضم الدهون

٢ — عصارة الصفراء :

وتفرزها خلايا الكبد ثم تمر بقناة خاصة الى كيس صغير موجود على السطح السفلي للكبد وهو الحويصلة الصفراء والذى تخزن فيه الكبـــد

يومياً حوالى ٥٠٠ سم³ من الصفراء وتصل هذه العصارة الى الاثنى عشر عن طريق القناة الصفراوية ، وهى عصارة قلوية لزجة وتتكون من أملاح معدنية وصبغات صفراوية ، وهذه العصارة تساعد فى هضم الدهـــون وتقضى على جراثيم التعفن فى الأمعاء وتنشط حركتها وتساعد على عملية الامتصاص .

٣ — العصارة المعدية :

وتفرزها الغدد التى تبطن جدار الأمعاء الرفيعة وتحتوى على بعض الانزيمات اللازمة لاتمام عملية الهضم .

بعد اتمام هضم المواد الغذائية تتحول الى مواد ذائبة يمكن امتصاصها فى الدم حيث تنتقل من بين فراغ الأمعـــاء الرفيعة الى الدم الموجود فى الشعيرات الدموية المحيطة بالأمعاء ، ويساعد على اتمام هذه العمليـــة زوائد دقيقة توجد فى الأمعاء الرفيعة وتسمى « الخملات » .

٨/٢/٤ — الأمعاء الغليظة :

تستكمل عملية هضم الطعام فى الأمعاء الغليظة ، كما تقوم بتخزين الفضلات لحين التخلص منها ، وخلال ذلك تقوم بامتصاص المـاء وبعض الأملاح الذائبة وتعيدها الى الدم .

٨/٢/٥ — الـكبد :

الكبد يعتبر اكبر غدة فى الانسان ويوجد أعلى التجويف البطنى من الجهـــة اليمنى ويتكون من عدة فصوص يتكون كل منها من عدد كبير من الخلايا ، ويقوم الكبد بعدة وظائف لها اهميتها لحياة الانسان خلافا لدوره فى تكوين وافراز العصارة الصفراء واشتراكه فى عمليات الهضم فهو يقوم بدور هام فى التمثيل الغذائى .

كما يحمل الدم الى الكبد مخلفات الهضم ليقوم بعمليات التعامل معها ويعتبر الكبد مانعا عن الجسم لكل المواد الضارة ، ويتم فى الكبد التمثيل الغذائى للمواد العضوية وغير العضوية ، كما يتم بنـــاء بعض البروتينات (الفيبرونوجين والالبومين وغيرها) .

ويقوم الكبد بتحويل الأمونيا الى البولينا ، وفى الكبد يختزن السكر الزائد على هيئة جليكوجين ، كما يعمل على تحويل الجليكوجين الى سكر الجلوكوز فى حالة حاجة الدم والعضلات الى ذلك . ويقوم الكبد بتخزين فيتامين أ ، د ويحتوى على كمية كبيرة من فيتامين ب ١٢ وهذا الفيتامين له دور هام فى انتاج الكرات الحمراء فى نخاع العظام .

٣/٨ — الجهاز الهضمى والتدريب الرياضى :

يعمل التدريب الرياضى على رفع مستوى التمثيل الغذائى وانتاج الطاقة ، وهذا بالتالى يعتبر منشطا للعصارات المعدية والمعوية مما يكون له تأثير ايجابى على عمليات هضم الطعام . الا ان هذا التأثير الايجابى للنشاط الرياضى لا يلاحظ دائما . ومثال على ذلك فان اداء النشاط الرياضى بعد تناول الطعام مباشرة يؤدى الى عرقلة عمليات الهضم واكثر العمليات تأثرا بذلك هى عمليات افراز العصارات الهضمية ، وقد دلت بعض التجارب على ان افراز العصارات المعدية تقل لدى لكلاب عند تحميلهم بثقل وكذلك عند الفعل الشرطى المرتبط باداء العمل العضلى .

ونتيجة العمل العضلى تحدث عمليات تثبيط للمراكز العصبية المسئولة عن نشاط الجهاز الهضمى ، كما يزيد تأثير تثبيط نشاط الجهاز الهضمى نتيجة لاعادة توزيع الدم أثناء النشاط الرياضى حيث يقل وصوله الى الغدد الهضمية ويتوجه اغلبه الى العضلات العاملة ، وبناء على ذلك لا ينصح باداء النشاط الرياضى بعد تناول الطعام مباشرة ، ويجب ملاحظة انه لا يتسبب النشاط الرياضى وحده فى تثبيط نشاط الجهاز الهضمى ، ولكن على العكس فان نشاط الجهاز الهضمى ايضا له تأثيره السلبى على الاداء الرياضى حيث أن استثارة مراكز الهضم ، وكذلك تواجد الدم فى التجويف البطنى يقلل من فاعلية النشاط البدنى ، هذا بالاضافة الى ان امتلاء المعدة بالطعام يعوق حركة الحجاب الحاجز المسئول عن عملية التنفس ، لذا ـ

فانه ينصح بعدم ممارسة النشاط الرياضى قبل مرور ٢ — ٢ر٥ ساعة على الاقل بعد تناول الطعام ، مع ملاحظة ان الانسان فى بعض الأحيان قد يتعود على اداء النشاط الرياضى بعد الطعام مباشرة ويتكيف الجهاز الهضمى مع ذلك ، الا أن ذلك لا ينصح به قبل المنافسات الرياضية التى تتطلب توفير افضل الظروف لعمل الجهاز العضلى والقلب والجهاز التنفسى .

وتعتبر عملية اعادة توزيع الدم أثناء العمل العضلى من اهم العوامل المؤثرة وظائف اعضاء الجهاز الهضمى ، فاذا كانت كمية الدم السارى خلال الكبد واعضاء الجهاز الهضمى تصل الى حوالى ٢٥ — ٣٠٪ من مقدار الدم الذى يدفعه القلب فى الدقيقة فانها تقل وقت العمل العضلى لتصل الى حوالى ٣ر٥٪ ، وبالرغم من زيادة الدفع القلبى ٥ أضعاف أثناء النشاط الرياضى فان امداد الدم الى الجهاز الهضمى يقل من ٢ر١ — ٥ر١ لتر / دقيقة أثناء الراحة حتى يصل الى ٩ر. لتر / دقيقة أثناء العمل العضلى . ويؤدى العمل العضلى اذا ما نفذ قبل تناول الطعام بحوالى ٣٠ — ٩٠ دقيقة الى زيادة افراز العصارات المعدية ويزيد من حمضيتها .



الفصل التاسع

التمثيل الغذائي

٩/١ — مقدمة .

٩/٢ — عمليات التمثيل الغذائي .

٩/٣ — التمثيل الغذائي للمواد الغذائية .

٩/٤ — قياس التمثيل الغذائي (الكالوريمترية) .

٩/٥ — التمثيل الغذائي والتدريب الرياضي .

٩/٥/١ — تقويم مستويات حمل التدريب تبعا لانتاج الطاقة .

٩/٥/٢ — انظمة انتاج الطاقة .

٩/٥/٣ — تعويض مصادر الطاقة .

٩/٥/٤ — الدين الأكسوجينى كمقياس للقدرة اللاهوائية .

٩/٥/٥ — الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين كمقياس للقدرة الهوائيـة .

٩/٥/٦ — العتبة الفارقة اللاهوائية .

٩ ــ التمثيل الغذائى

١/٩ ــ مقـــــدمة :

تتميز اجسام الكائنات الحية باستهلاك الطاقة واســـتمرارية تبادل المواد بين الجسم والبيئة المحيطة به حيث يحصل الجسم من البيئة عــلى المواد الكيميائية المختلفة والغنية بالطاقة ويقوم بتحويلها الى مواد بسيطة وخلال ذلك تتحرر الطاقة اللازمة لجميع العمليات الفسيولوجية ، وكذلك اداء الشغل الخارجى المطلوب ، وبالاضافة لذلك فان الجسم يحصل على مواد غذائية اخرى تستخدم فى بناء وتجديد الخلايا والأنسجة وبناء الانزيمات والهرمونات ، كما يمكن للجســـم تخزين بعض هذه المواد كاحتياطى ، ويتخلص الجسم من مخلفات التمثيل الغذائى وانتـــاج الطاقة عن طريق أعضاء الاخراج .

وتقوم الكربوهيدرات والدهون والبروتينات بامداد الجســم بالمواد اللازمة للبناء والطاقة ، وبالاضافة لذلك يحصل الجســم على الفيتامينات والمــاء والأملاح المعدنيــة ولكل دوره فى اتمام عمليات التمثيل الغــذائى

وتتطلب جميع التفاعلات الكيميائية اللازمة فى الجســـم نشـــاط الانزيمات سواء كان ذلك لهضم المواد الغذائية أو لعمليات الأكســـدة وغيرها .

٢/٩ ــ عمليات التمثيل الغذائى :

تنقسم عملية التمثيل الغذائى الى مجموعتين هما :

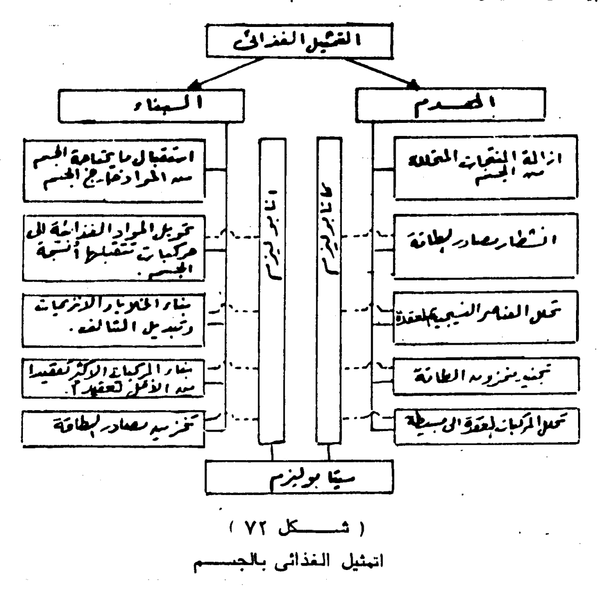
١ ــ مجموعة عمليات (البناء) الأيض Assimilation :

وتشمل هذه المجموعة عمليات بناء المادة الحية .

٢ ــ مجموعة عمليات الهدم Dissimilation :

وتشمل عمليات تحلل المادة الحية ، كما تشتمل عمليات ازالة مكونات الأنسجة لتغيرها وتجديدها ، وكذلك عمليات تحرير الطاقة لأداء الأنشطة الحيوية المختلفة .

وتستمر الحياة حينما تتوازن عمليات البناء والهدم ، وهذا التوازن له خاصية الدينامية ، فعند زيادة النشاط الحيوى للانسان مثل اداء العمل العضلى فان ذلك يتطلب زيادة فى انتاج الطاقة بكميات كبيرة ، وهنا تزيد عمليات الهدم بينما بعد اداء الحمل البدنى ، فمن الضرورى أن يتم تعويض مصادر الطاقة التى استهلكت ، ولذلك فان التمثيل الغذائى يتجه الى زيادة عمليات البناء ، كما ان خلال فترة نمو الأطفال تتغلب عمليات البناء ، بينما فى الشيخوخة تتغلب عمليات الهدم (شكل ٧٢) .



(شكل ٧٢)

اتمثيل الغذائى بالجسم

وترتبط عمليات الهدم والبناء بعلاقات قوية ، فعند انشطار مواد الطاقة (الهدم) يتم فى نفس الوقت بناء مواد جديدة (البناء) ولكى يتم بناء بعض التركيبات المتحدة فى الجسم فلابد من انتاج طاقة (الهدم)

ويطلق على عملية تبادل المواد مصطلح التمثيل الغذائى أو الميتابوليزم Metabolism كما يطلق مصطلح انابوليزم Anabolism على عمليـــات البناء ، ويطلق مصطلح « كاتابوليزم » Catabolism على عمليات الهدم ، ويجب الأخذ فى الاعتبار أن هذه المصطلحات يقصد بها فقد عملات التمثيل الغذائى التى تحدث فى داخل الجسم وليست عمليات تفاعل الجســم مع البيئة المحيطة ، ومن بين عمليات البناء « أنابوليزم » هنا جزء من العمليات التى تحتوى على بنـــاء الأحماض النوكلينية والبروتينات وبنـــاء الخـــلايا والانزيمات ، وهذا الجزء من عمليات البناء يطلق عليه مصطلح « عمليـــات التقـــويم » Plastication ، كما تسمى عمليات التمثيل الغذائى المسئولة عن توفير الطاقة لخلايا الجسم لتقوم بأنشطتها الحيوية تسمى « عمليات الطاقة » وهى تنســـــب فى أساسها الى عمليات (الكاتابوليزم) الهدم ، وبالرغم من أن هذه العملية تعتمد على انشطار المركبات الغنية بالطـــاقة فانها فى نفس الوقت تعتمد على عمليات اعادة بناء غيرها . وتشـــــمل عمليات التمثيل الغذائى الداخلى المواد الغذائية ، البروتين والكربوهيدرات والدهون والماء والأملاح المعدنية .

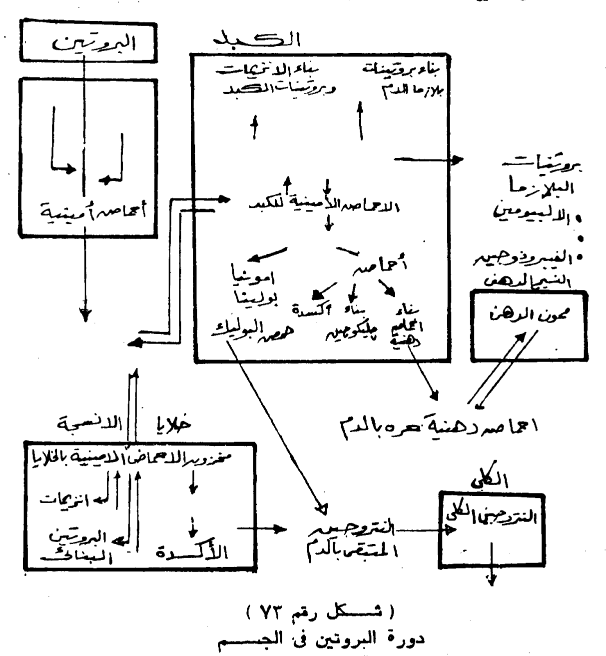
٣/٩ — التمثيل الغذائى للمواد الغذائية :

تمر المواد الغذائية فى الجسم بعدة عمليات تعتبر عملية الهضم أولها ثم تتحول بعد ذلك الى مواد بسيطة يسهل على الجســـــم التعامل معها والاستفادة منها .

١/٣/٩ — التمثيل الغـــذائى للبروتين :

يتكون البروتين من الأحماض الأمينية ، وهو يعتبر المادة الأساسية لبناء خـــلايا وأنسجة الجسم ، وعلى سبيل المثـــال يبلغ حجم البروتين فى العضـــلات الهيكلية نســـبة حوالى ٢٠٪ وهـــذا الذى يعطى العضلة خاصيتها الانقباضية كما يتكون من البروتين كثير من الانزيمات والهرمونات ، ويقوم الهيموجلوبين وهو من البروتين بنقـــل الأكسوجين ، كما يستخدم بروتين الفيبرونوجين فى تجلط الدم كما تقوم بعض البروتينات المركبة بنقل الصفات الوراثية . كما يمكن أن يستخدم الجسم البروتين كمصدر للطاقة

حيث ينشطر الجانب غــير النتروجينى ليكون الكربوهيدرات التى تتحول الى الطاقة . وتؤدى اكسدة الجرام الواحد من البروتين الى تحرير ٥ر٦٥ ســـعر حرارى ، بينما ينشـــطر الجزء النتروجينى من البروتين الى بولينا وامونيــا وغــيرها (شكل ٧٣) .



(شــكل رقم ٧٣)
دورة البروتين فى الجســم

تتحول المواد الغذائية البروتينية فى الأمعاء الرفيعة الى أحماض امينية لكى تنقل فى الدم على هذه الصورة الى الكبد حيث تحدث عمليات لاعادة تركيب الأحماض الأمينية وفرزها ثم تخرج الأحماض الأمينيـــة من الكبد الى الانسجة وتستخدم لبناء البروتينات . وتتحول المواد البروتينية الزائدة

فى الجسم الى كربوهيدرات ودهون ، وتخرج نواتج انشطار البروتينات عن طريق الكلى والغـــدد العرقية وهى تشمل الأمونيا والبولينا وحامض البوليك والكرياتينين وغيرها .

ويمكن الحـــكم على مستوى التمثيل الغـــذائى للبروتينات بمستوى النتروجين الذى يدخل الجسم ضمنا مع الأغذية البروتينية ولذا يستخدم ما يســـمى « التوازن النتروجينى » بمعنى أن مقـــدار خروج النتروجين يتساوى مع مقـــدار استيعابه وفى حالة استيعاب النتروجين بدرجة أكبر من التخلص منه فان هذه الحالة تسمى « التوازن النتروجينى الايجابى » ويمكن ظهور هذه الحالة لدى البالغين بعد الجوع أو الأمراض التى تتسبب فى استهلاك الانسجة البروتينية دون استعادتها وكذلك تظهر هذه الحالة لدى الرياضيين خاصـــة فى فترة الاعـــداد الاولى من الموسم التـــدريبى والتى يعتبر من واجبها التنمية العضلية .

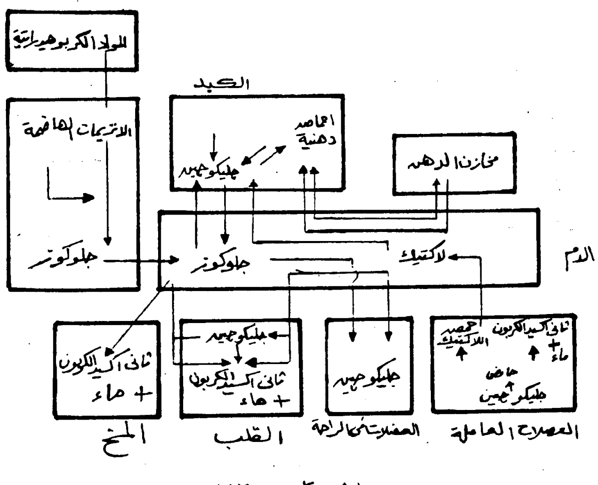
وفى بعض الحالات المرضية الاخـــرى يزيد خروج النتروجين أكثر من مقدار استيعابه وهذه الحالة تسمى « التوازن النتروجينى السلبى » ويعتبر التوازن الايجابى والمتســـاوى للنتروجين هو المستوى العـــادى لانشطة حيـــاة الانســـان ، وعند زيادة تناول المواد الغذائية البروتينية لدى البالغين لا يحدث خلل للتوازن النتروجينى نظرا لانه كلما زادت المواد البروتينيـــة التى يتناولها الانســـان زادت نسبة التخلص من النتروجين فى البول ، حيث لا يخزن البروتين الزائد فى الجسم فعنـــد زيادة حاجـــة احد اعضاء الجسم للبروتين يمكن أن تتعاون معه الأعضاء الأخرى لتوفير البروتين لاعضاء الجسم الأكثر اهمية وبناء على ذلك قد تفقد بروتينات من الكبد ثم العضلات الهيكلية ويقل وزن هذه الأعضاء بينما لا يتغير مستوى بروتينات المخ والقلب وكذلك لا يقل وزنهما نظرا لزيادة اهميتهما .

وينظم التمثيل الغـــذائى للبروتين بعض المراكز العصبية الموجودة فى المخ المتوســـط وقد دلت التجارب على الحيوانات أن استئصال بعض نوايات هذا الجزء تؤدى الى زيادة التمثيل الغـــذائى للبروتينات ويصبح التوازن النتروجينى سلبيا ويؤثر الجهـــاز العصبى على التمثيل الغذائى

للبروتينات عن طريق هرمونات الغدة الدرقية والجزء الأمامى للغدة النخامية وغيرها من افرازات الغدد الصماء .

٢/٣/٩ — التمثيل الغــذائى الكربوهيدرات :

يحصل الجسم على المواد الكربوهيدراتية من خـــلال المواد الغذائية النباتية وبنسبة اقل للمواد الحيوانية هذا بالاضافة الى ما يتم بنائه منها عن طريق نواتج تحلل الأحماض الأمينية والدهون (شكل ٧٤) .



(شــــكل رقم ٧٤)
دورة الكربوهيدرات بالجســـم

وتعتبر المواد الكربوهيدراتية من اهم مكونات الجسم بالرغم من قلة كميتها بالمقارنة بالبروتينات والدهون حيث تبلغ نسبة كميتها ٢٪ من المواد الصلبة بالجسم .

وتقوم الكربوهيدرات بدورها الرئيسى فى الجسم كمصدر اساسى للطاقة فعند اكسدة جرام واحد كربوهيدرات تتحرر ٤٫١٠ سعر حرارى ، كما انها تتطلب كمية اكسوجين اقل مما تحتاجه المواد الدهنية وهذه الميزة تزيد من اهمية الاعتماد عليهما كمصدر للطاقة اثناء النشاط الرياضى ، وترجع اهمية ذلك فى ان انخفاض مستوى السكر فى الدم يؤدى الى انخفاضا ملحوظا فى الكفاءة البدنية ، كما تزداد اهمية الكربوهيدرات لنشاط الجهاز العصبى .

وتحتوى المواد الغذائية على الكربوهيدرات فى شكل مركب ولكنها تتحول خلال عملية الهضم الى سكر جلوكوز ويسهل امتصاصه فى الدم وتتراوح نسبة تركيز الجلوكوز فى الدم ٨٠ — ١٢٠ مللى جرام٪ ويختزن الجلوكوز الزائد فى الكبد والعضلات على هيئة جليكوجين وعند نقص مخزون الجليكوجين فى الكبد يقل مستوى تركيز الجلوكوز فى الدم وهذا يحدث فى حالة اداء الأنشطة الرياضية التى تستمر لفترة طويلة دون تناول مواد كربوهيدراتية اضافية اثناء الاداء او قبله . وعند نقص الجلوكوز عن مستوى تركيز ٧٠ ملليجرام٪ يظهر الضعف العضلى والشعور بالجوع وانخفاض درجة حرارة الجسم كما يختل الجهاز العصبى ويمكن أن يفقد الانسان الوعى .

وقد تظهر حالة زيادة الجلوكوز (اكثر من ١٢٠ مللیجرام٪) بعد تناول الطعام الذى يحتوى على مواد كربوهيدراتية سهلة الامتصاص وكذلك فى الحالات الانفعالية وكذلك فى حالة أمراض الغدد الصماء أو عند استئصالها لدى حيوانات التجارب ، ويخرج الجلوكوز الزائد من الدم (اكثر من ١٨٠ مللیجرام٪) عن طريق الكلى (جلوكوزوريا) .

وعند نقص تركيز الجلوكوز فى الدم تزيد درجة تحلل الجليكوجين فى الكبد ليخرج الجلوكوز الى الدم . وبفضل ذلك يحتفظ الدم بمستوى تركيز سكر الجلوكوز ثابتا ويوفر لأعضاء الجسم ما تحتاجه اليه منه .

وتعتبر العضلات اكبر مستهلك للجلوكوز حيث يتم فيها التمثيل

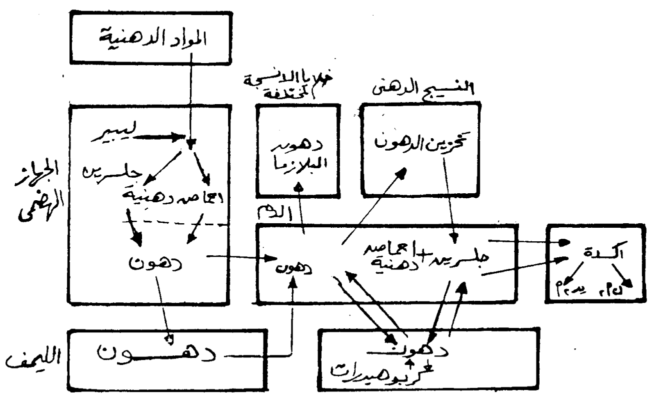
الغذائى للجلوكوز بالتفاعلات الهوائية ، ويعتبر حامض اللاكتيك من نواتج تحلل الكربوهيدرات .

وخـــلال النشـــاط الرياضى يزيد اســـتهلاك مخـــزون الجليكوجين الا أن هذا المخزون لا ينتهى تماما فعند نقص مخزون الجليكوجين فى الكبد تتوقف عمليـــات تحلله مما يؤدى الى انخفاض مســـتوى تركيز الجلوكوز فى الدم الى ٥٠ — ٦٠ ملليجرام٪ وفى بعض الأحيان قد يصل الى ٣٨ — ٤٠ ملليجرام٪ وعند هذا المستوى لا تستطيع العضلات الاستمرار فى العمل ، ولذا فان نقص الجليكوجين يعتبر من اســـباب انخفاض مستوى الكفاءة البدنية عند اداء الأنشطة الرياضية لفترة طويلة وعند اداء مثل هذه الأنشطة فمن الأفضل زيادة تناول المواد الكربوهيدراتية قبل الاداء وكذلك بعـــده مباشرة وقد اكدت الدراسات المعملية والملاحظات العملية على الرياضيين تأثير تناول الكربوهيدرات على الكفاءة البدنية عند اداء النشـاط الرياضى ويرتبط تأثير ذلك تبعا لكمية الكربوهيدرات ووقت تناولها .

ويتم تنظيم التمثيل الغذائى للكربوهيدرات عن طريق الجهاز العصبى من خلال نشـاط المراكز العصبية بالمخ المتوسط ويساعد فى ذلك رد الفعل الانعكاسى والدليل على ذلك زيادة تركيز الجلوكوز فى الدم عنـــد ظهور الحالات الانفعالية مثل حالة ما قبـــل المنافسة لدى الرياضيين ، ويظهر تأثير الجهـــاز العصبى على التمثيل الغـــذائى للكربوهيدرات عن طريق الأعصاب السمبثاوية حيث ان تنبيه هذه الأعصاب يؤدى الى زيادة افراز هرمون الادرينالين من الغدة فوق الكلية (الكظرية) ، وهـــذا الهرمون له تأثيره على انشـــطار الجليكوجين فى الكبد والعضـــلات ويرتفع بذلك مســـتوى تركيز الجلوكوز فى الدم كما تنبه هذه العمليات ايضـــا هرمون الغدة البنكرياســـية واسمه الجوكاجون Glucagon ، وهو هرمون يقوم بالمساعدة على تحويل الجليكوجين الى الجلوكوز وعلى العكس من ذلك فان الأنسولين يعتبر الهرمون المضاد لنشـاط الادرينالين والجلوكاجون حيث يقوم بالمساعدة على تحويل الجلوكوز الى جليكوجين فى الكبد ، ويشترك أيضا فى التمثيل الغذائى للكربوهيدرات بعض الهرمونات الأخرى مثل هرمونات الغدة فوق الكلية والغدة الدرقية والغدة النخامية .

٣/٣/٩ — التمثيل الغـذائى للدهون :

تتحول الدهون فى الامعاء الرئيعة الى جلسرين واحماض دهنيــة وبعد مرور هــذه المواد من جدران الامعاء تتحول مرة اخرى الى دهون حيث يتم امتصاصها فى الليمف والجزء الاقل منها ينقله الدم الى الأنسجة لاستخدامه فى البناء أو الطاقة (شكل ٧٥) حيث تدخل الدهون فى بنــاء غشاء الخلايا ومكونات الخــلايا كما يمكن تخزين الدهون فى الجسم ويبلغ الحجم العــام للدهون فى الانسان حوالى ١٠ — ١٢٪ من وزن الجسم وفى حالة السمنة يمكن ان تصل هذه النسبة الى ٤٠ — ٥٠٪ . ويمكن استخدام الدهون كمصدر للطاقة حيث ينتج من اكســدة جرام الدهون طاقة تعادل ٩٫٤٥ سعر حرارى ولكن الدهون تحتاج الى كمية اكسوجين اكثر مما تحتاجه اكسدة الكربوهيدرات ، وتستخدم الدهون كمصدر للطاقة اثناء فترة الراحة وعند النشاط البـدنى المنخفض الشــدة ولفترة طويلة وعند بداية العمل العضلى تستخدم الكربوهيدرات الا ان بعد مرور فترة زمنية يقــل مخزون الجليكوجين ويزيد الاعتماد على اســتهلاك الدهون



(شـــكل رقم ٧٥)
دورة الدهون فى الجسم

كمصدر للطاقة حتى تبلغ نسبة مساهمتها ٨٠٪ الى جانب الكربوهيدرات ويحيط النسيج الدهنى بمختلف اعضـاء الجسم لحمايتهـا من التأثيرات الميكانيكية وتثبيت الأعضاء الداخلية كما تعمل الخلايا الدهنية اسفل الجلد على رداءة التوصيل الحرارى للجسم من فقدان كميات من الحرارة ازيد من اللازم . وتتحول المواد البروتينية والكربوهيدراتية الزائدة عن حاجة الجسم الى دهون وكذلك عنـد حاجة الجسـم الى الدهون يتم حصوله على ذلك من خلال المواد الكربوهيدراتية .

ويتم التحكم فى التمثيل الغذائى للدهون عن طريق الجهاز العصبى من خلال تأثيره على افرازات الغدد الصماء حيث يقوم هرمون الانسولين بتنبيـه عمليـات تحول المواد الكربوهيدراتية الى دهون ، وترجع زيادة مخزون الدهون فى الأصحاء الى ان تناول الطعام يفوق استهلاكه فى معظم الأحـوال .

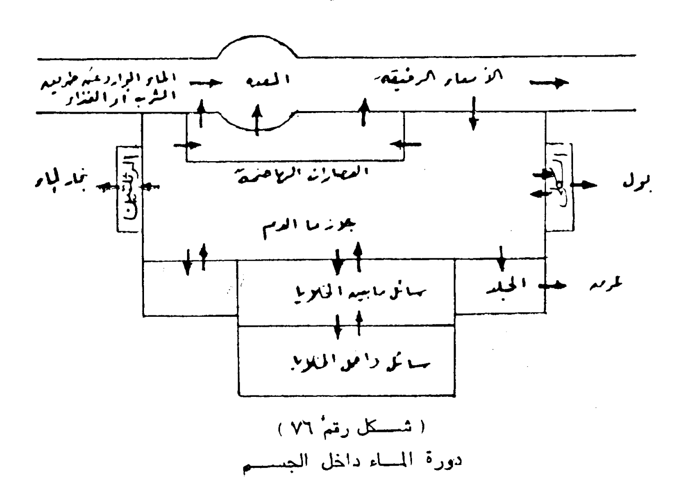
٤/٣/٩ — المـــاء :

يوجد الماء فى الجسم فى شكل محاليل ملحية لذا فان التمثيل الغذائى للماء يرتبط بدرجـــة كبيرة بالتمثيل الغذائى للأملاح المعدنية الموجودة فى الجسم (شكل ٧٦) .

يتكون جسم الانسان البالغ من المـاء ، وتكون الماء حوالى ٩٢٪ من الدم ، وتبلغ نسبة الماء فى العضلات الهيكلية حوالى ٧٠٪ من الوزن الكلى للعضـلات .

ويعتبر الماء احـدى مكونات الجسم الهامة التى تدخـل فى تركيب جميع انسجته ، وهو يعتبر محلولا لكثير من المواد الكيميائية فى الجســم ويشترك بنشاط فى عمليات التمثيل الغذائى ، واذا منع الماء عن الجســم فانه يموت ويستطيع الانســان البقـاء حيـا لمدة ٤٠ — ٤٥ اذا امتنع عن الطعام بينما لم يمتنع عن شرب الماء حيث يفقـد الانســان عند ذلك ما يقرب من ٤٠٪ من وزن الجســم ، واذا فقـد الجسم حوالى ١٠٪ من وزنه من الماء فانه يشعر بصعوبة حالته اما اذا فقد ٢٠ - ٢٢٪ من الماء من وزن الجسم فان ذلك يؤدى الى الوفاة ، ويؤدى تناول الماء الى زيادة

مؤقتــة للماء فى الدم ثم توزع الماء على الأنسجة بسرعة وتخزن فى الكبد وتخرج الزيادة من الماء عن طريق الكلى .



(شـــكل رقم ٧٦)
دورة المـــاء داخل الجســـم

ونظرا لأهمية الدور الذى يقوم به الماء بالجسم فقد أوصى بأن يتناوله اللاعب قبل وأثناء أداء الحمـــل البـــدنى خاصـــة فى الأنشطة الرياضية التى تزيد مدتهـــا من ٣٠ دقيقـــة فى الجو الحار حيث دلت الدراســـات أن تناول الماء قبل الأداء الرياضى يؤدى الى الشـــعور بالارتياح افضـــل أثناء الأداء حيث يقل معدل القلب ودرجة حرارة الجســـم ولا يوجـــد أى دليل على أن تناول بعض الماء قبل أداء النشاط الرياضى ببضـعة دقائق له آثار ضارة نتيجة امتلاء المعدة بالماء ، وبناء على ذلك فان تناول الماء قبل الأداء فى الجو الحار يساعد على تحسين مستوى الأداء ، ويتطلب تعويض ما يفقده الجسم من الماء حوالى ٢٤ — ٣٦ ساعة لتعويض حوالى ٤ — ٧٪ من وزن الجسم ، كما أن تناول المـــاء خـــلال الفترات البينية أثنـــاء النشـــاط الرياضى لفترة طويلة له تأثير طيب على مستوى الأداء الرياضى ، ولذا ينصح المدربون بأن يسمحوا للاعبين بتناول حوالى ٢٠٠

ملليلتر من الماء كل ١٥ دقيقة وذلك لتحسين الاداء وتجنب الاصابة بأمراض الحـــرارة .

ويحاول بعض اللاعبين انقاص اوزانهم خلال فترة زمنية قصيرة جدا للسماح لهم بالاشتراك فى المنافسات التى تتطلب تصنيف اللاعبين تحت اوزان معينة مثل المصارعة والملاكمة ويقوم اللاعب خلال عدة ايام بانقاص وزنه قبل عملية الميزان بصورة سريعة عن طريق النشاط البدنى وفقـــد العرق وحمامات السونا مما يتسبب فى نقص الوزن على حساب نقص الماء من الجسم Dehydration فاذا زادت نسبة الوزن المفقود عن ٥٪ من وزن الجسم بهذه الطريقة السريعة فانه يمكن ملاحظة تاثير ذلك على مستوى الاداء فى انخفاض مستوى التحمل الهوائى والقدرة على التخلص من الحرارة الزائدة وقد ينتج عن ذلك الاصـــابة بأمراض الحرارة او الوفاة فى بعض الأحيان ، ولذا فان المحافظـــة على الوزن خـــلال فترات التدريب طوال الموسم تجنب اللاعب التعرض لمثل هذه الأخطار التى تصاحب الانقاص السريع لوزن الجسم على حساب فقد الماء .

٥/٣/٩ — الأمـــلاح المعدنيـــة :

تدخل الأملاح المعدنية فى تكوين جميع الأنسجة الحية ، ويتوقف قيام هـــذه الأنسجة بوظائفها الطبيعية على الأملاح المعدنية حيث تساعد على ثبات الضغط الاسموزى للخلايا وسوائل الجسم ، كما تساعد على ثبات مستوى التوازن الحمضى القلوى للأنسجة ، حتى انهـــا اذا منعت تماما عن الانســان او الحيوان فان هـــذا يؤدى الى نقص كبير فى وزن الجسم وقد يؤدى الى الوفاة اما اذا زادت كميتها فيمكن للجسم ان يخزنها حيث يمكن تخزين كل من الصوديوم والكلورين فى الخلايا تحت الجلد بينما يخزن البوتاسيوم فى العضلات الهيكلية ويخزن الكالسيوم والفسفور فى العظام .

ويتم تنظيم الضغط الاسموزى لبيئة الجسم الداخلية عن طريق تنظيم تناول او اخراء الماء والأملاح فى الجسم ، فعند زيادة الضغط الأسموزى يظهر الشعور بالعطش وعند تناول الماء ينخفض الضغط الأسموزى .

ويتم التحكم فى اخراج الماء والأملاح من الجسم عن طريق الجهـاز العصبى والهرمونى ويقوم الهرمون المضاد لادرار البول الذى تفرزه الغدة النخامية وهرمونات قشرة الغدة فوق الكلى التى لها تأثيرها على وظائف الكلى باستعادة امتصاص الصوديوم فى الدم . كما تؤثر ايضا على نشـاط وظائف الكلى هرمونات الغدة الدرقية وجارات الدرقية حيث تقوم هرمونات الغدة الأولى بزيادة تكوين البول وتختص هرمونات الغدة الثانية باخراج أملاح الكالسيوم والفسفور من الجسم .

٦/٣/٩ — الفيتامينـات :

تعتبر الفيتامينات من المواد الضرورية لقيام اعضاء الجسم بوظائفها الطبيعية ، ويحصل الجسم على معظمها مع الطعام والبعض منها تقوم ببنائه البكتريا فى الأمعاء الرفيعة ولذا فان عدم وجودها فى الطعام لا يؤثر على حالة الجسم وتقوم الفيتامينات بنشاط بيولوجى كبير وتوجد بكميات قليلة وهى تؤثر على عمليات التمثيل الغذائى فى الجسم ، ويدخل البعض منها فى تكوين الأنزيمات التى تسـاعد اداء كثير من التفاعلات البيولوجيـة والبعض الآخـر من الفيتامينات له تأثير على افرازات الغـدد الصـماء وتوفر الفيتامينات الكفاءة البدنيـة للجسم وتزيد من مقاومتـه للأمراض المختلفة . وتزيد حاجة الانسان للفيتامينات فى حالات تغيير الضغط الجوى وتغيير درجات الحرارة وعند العمل العضلى وفى بعض الأمراض ، وتزيد حاجة الصغار عن الكبار الى الفيتامينات ، ويؤدى نقص تناول احـدى الفيتامينات الى اختـلال وظائف الجسم .

٤/٩ — قياس التمثيل الغذائى (الكالوريمترية) :

يقوم الجسم باستهلاك مصادر الطاقة بصفة مستمرة طوال الحياة ، حيث تصرف الطاقة على مختلف الأنشطة الوظيفية فى الجسم وعلى اداء الشغل الخارجى ودرجة حرارة الجسم ومعنى هذا ان استمرارية الحياة لا تتم الا باستمرارية استكمال مصادر الطاقة فى الجسم عن طريق الغذاء ، ويطلق على العلاقة بين كمية الطاقة التى يحصل عليها الجسم وما يستهلكه من هذه الطاقة مصطلح (التوازن الطاقى) فاذا زادت كميات الغذاء تختزن مصادر الطاقة فى الجسم وفى حالة عدم كفاية الطعام فانها تقل .

٩/٤/١ — طرق قياس استهلاك الطاقة :

من المعروف ان التمثيل الغــذائى لانتــاج الطاقة فى الجسم يقاس بالكلورى ميتر ويتحدد ذلك بواسطة ثلاث طرق :

١ — قيــاس الحرارة الناتجــة عن الجسم (القيــاس الكلورى مترى المباشر) .

٢ — قياس استهلاك الجسم للأكسوجين وتخلصه من ثانى اكسيد الكربون . (القياس الكالورى مترى التنفسى غير المباشر) .

٣ — تحديد الســعرات الحرارية للمواد الغذائية التى يتناولها الانسان (القياس الكالورى مترى للعناصر الغذائية غير المباشر) .

وقد بدأ استخدام الطريقة المباشرة لقيــاس الطاقة على الحيوانات فى نهاية القرن السابع عشر ، وبدأ استخدامها لأول مرة مع الانسان فى نهاية القرن التاسع عشر ويستخدم لذلك حجرة محكمة الغلق لها حوائط مزدوجة لمنع تسرب الحرارة وبها مواسير يمر بها الماء حيث تقوم الحرارة الناتجة عن الانســان أو الحيوان برفع درجة حرارة الماء الموجود فى المواســير وبمعرفة كمية هــذا الماء ودرجة حرارته يمكن تحــديد كميــة الحرارة التى خرجت من الانسان . وتعتبر هذه الطريقة ادق طرق قياس استهلاك الطاقة الا انها تحتاج الى وقت طويل فى الملاحظة ويصعب استخدامها عمليا فى الأنشطة المهنيــة او الرياضية للانسان ، ولذا فان الطريقــة التنفسية غير المباشرة اكثر سهولة لقياس استهلاك الطاقة للانسان وهذه الطريقة استخدمت فى البــداية على الحيوانات فى نهــاية القرن الســابع عشر ثم بعــد ذلك انتشر استخدامها فى دراسات استهلاك الطاقة فى الظروف المهنية والأنشطة الرياضية ومن المعروف ان الجسم اذا استهلك طاقة اكبر احتاج الى استهلاك الأكسوجين واخراج ثانى اكسيد الكربون بدرجة اكبر ولذا فانه يمكن الحكم على مقدار الطاقة المستهلكة هنا ليس بمقدار الحرارة كما فى الطريقة المباشرة ولكن بمقــدار استهلاك الأكسوجين وخروج ثانى اكسيد الكربون ، حيث يؤدى اللتر الواحــد من الأكسوجين الى اكسدة مقدار معين من مواد الطاقة بالجسم وبنــاء على ذلك تتحرر كمية كبيرة

من الطاقة ترجع الى مدى ما يمكن أن ينتجه اللتر الواحد من الأكسوجين مع نوع معين من مصـــادر الطاقة فمثـــلا يحتـــاج اكسدة جرام واحـــد من الكربوهيدرات ٨ر. لتر اكسوجين ويتحرر مقابل ذلك ١ر٤ سعر حرارى وبناء على ذلك فان لتر الأكسوجين الواحد يستطيع اكسدة ٢٦ر١ جرام كربوهيدرات للحصول على ٠٥ر٥ سعر حرارى . وتختلف هذه العلاقة عند اكسدة الدهون حيث يستطيع اللتر الواحـــد من الأكسوجين اكسدة نصف جرام فقط من الدهون وعند ذلك يتحرر ٧ر٤ سعر حرارى .

ويطلق على كميـــة الطاقة التى تتحرر نتيجة استخدام لتر واحـــد اكسوجين (التعادل الكالورى) وهو عند اكسدة الكربوهيدرات كما ذكر سابقا يبلغ ٠٥ر٥ ســـعر حرارى وعند اكسدة الدهون يبلغ ٧ر٤ سعر حرارى وبالنسبة للبروتينات يبلغ ٨٥ر٤ وعادة يتم اكسدة خليط من المواد الغذائيـــة فى الجسم ولذلك فان التعـــادل الكالورى عادة يتراوح ما بين ٧ر٤ — ٠٥ر٥ ســـعر حرارى ، ومع زيادة الاعتماد على الكربوهيدرات كمصدر للطاقة يرتفع التعـــادل الكلورى ، بينما ينخفض فى حالة الاعتماد على الدهون بمعنى أن الدهون تحتـــاج الى قدر اكبر من الأكســـوجين لأكسدتها عند المقارنة بالكربوهيدرات لذا يفضل عند اداء الأنشطة البدنية تناول الكربوهيدرات بالنسبة للاعبى المسافات الطويلة .

٢/٤/٩ — المعامل التنفسى الكالورى : Respiration Ratio (RR)

ويمكن الحكم على مقدار التعـــادل الكالورى بمعرفة مقدار معامل التنفس وهو نسبة حجم ثانى اكسيد الكربون الى الاكسوجين المستهلك

($\frac{\text{ثانى اكسيد الكربون}}{\text{الأكسوجين}}$) وهـــذا المقـــدار يرتبط بمكونات المـــواد التى

تم أكسدتها ، فعند اكسدة الكربوهيدرات فان حجم الاكسوجين المستهلك يتساوى مع حجم ثانى اكسيد الكربون وبالتالى يبلغ معامل التنفس فى هذه الحالة واحد صحيح . اما عند اكسدة الدهون فان معامل التنفس يصبح

اكثر انخفاضا ويبلغ (٧ر.) وعنـد اكسدة مجموعة مختلطـة من المواد الغذائية فان مقدار معامل التنفس يتراوح ما بين ٧ر. الى ١ ، وكلما زادت نسبة الكربوهيـدرات فى هـذا الخليط ارتفع معامل التنفس ويوضـح الجدول (٢٨) العلاقة بين معامل التنفس والتعادل الكالورى .

جـــدول (٢٨)

التعادل الكالورى للأكسوجين المقابل لمختلف مقادير معامل التنفس

القياسات	المقادير					
معامل التنفس	٧٠ر٠	٧٥ر٠	٨٠ر٠	٩٠ر٠	٩٥ر٠	٠٠ر١
التعادل الكالورى	٧٠ر٤	٧٤ر٤	٨٠ر٤	٩٢ر٤	٩٨ر٤	٠٥ر٥

عند حساب اسـتهلاك الطاقة بالطريقـة التنفسية غـير المباشرة من الضرورى معرفة الأكسوجين المستهلك وثانى اكسيد الكربون الخارج من الرئتين ولذلك يتم قياس التهوية الرئوية ويحدد مقادير مكونات هواء الزفير بعـد جمعه فى اكياس خاصة ، ولذلك يستخدم قناع خاص ثم يتم استخدام التحليل الكيمائى لهواء الزفير بواسطة أجهزة خاصة لتحـديد مقادير مكوناته وبذلك يتم تحديد الأكسوجين المستهلك وثانى اكسيد الكربون الخارج ثم يحدد معامل التنفس ، وبناء عليه يمكن حساب الطاقة المستهلكة بالسـعرات الحرارية وتوضيحا لذلك نفترض ان التهوية الرئوية أثنـاء ممارسـة النشـاط الرياضى بلغت ٧٠ لتر/دقيقة ويحتوى هـواء الزفير على ٣١ر١٦٪ اكسـوجين و ٣٥ر٤٪ ثانى اكسـيد الكربون وبالتـالى فان الجسم يكون قد استهلك ٥٩ر٤٪ اكسوجين وهو ناتج (٩ر٢٠ نسبة الاكسوجين فى الهواء الجوى — ٣١ر١٦ نسبته فى هواء الزفير = ٥٩ر٤٪) ويتم حساب ثانى اكسيد الكربون الناتج من الأكسدة ايضا بخصم نسبة ثانى اكسيد الكربون فى الهواء الجوى ٠٣ر. من حجم ثانى اكسيد الكربون فى هواء الزفير (٣٥ر٤) فيكون الناتج هو ٣٢ر٤٪ وعند تحويل هـذه المقـادير الى الملليلترات فان حجم الأكسوجين يبلغ ٣٢٠٠ ملليلتر وثانى اكسـيد الكربون يبلغ ٣٠٢٠ ملليلتر وبتطبيق المعـادلة لاستخراج معامل التنفس بقسمة مقدار ثانى اكسيد الكربون على مقدار الأكسوجين يكون النـاتج

(٩٥ر.) وهذا الرقم لمعامل التنفس يقابله فى الجدول ٩٨ر٤ سعر حرارى وهذا يعنى أن اللاعب فى هذه اللحظة يستهلك فى الدقيقة حوالى ١٦ سعر حرارى (٩٨ر٤ سعر حرارى للتر من الاكسوجين × ٢ر٣ عدد اللترات المستهلكة فى الدقيقة = ٩٣٦ر١٥ سعر حرارى فى الدقيقة) وبناء على ذلك فليس من الصعب حساب الاستهلاك الكلى للطاقة فى حالة معرفة الزمن الكلى لاستمرار العمل البدنى .

وينتشر استخدام الطريقة التنفسية غير المباشرة لحساب الطاقة المستهلكة فى مجال النشاط الرياضى حيث يمكن باستخدام هذه الطريقة لحساب الطاقة المستهلكة خلال اداء الأنشطة الرياضية المختلفة مثل الجرى والسباحة الا أن من عيوب هذه الطريقة احتياجها لاستخدام تناع الغازات واكياس لجمع هواء الزفير مما يصعب عملية التنفس على اللاعب لذا فانها لا تستخدم فى المنافسات ، ولذا فان هناك أجهزة الكترونية حديثة تقوم بحساب الطاقة وسوف يؤدى استخدامها فى المجال الرياضى الى الكشف عن كثير من المعلومات عن انتاجية الطاقة أثناء النشاط الرياضى .

أما بالنسبة لطريقة حساب الطاقة عن طريق تحديد السعرات الحرارية للعناصر الغذائية التى يتناولها الانسان مع ملاحظة وزن الجسم فعن طريق حساب المواد الغذائية التى يتناولها الانسان يمكن حساب الطاقة الا ان فى الجسم عادة لا يتم التوازن بين الطاقة الناتجة ومقدار الغذاء الذى يتناوله الانسان بطريقة فورية وهذا يؤدى الى الخطأ فى حساب الطاقة مما يصعب استخدام هذه الطريقة بالاضافة ايضا الى عدم القدرة على حساب الطاقة المستهلكة خلال الفترات الزمنية المجزاة .

٣/٤/٩ — مستويات استهلاك الطاقة فى الجسم :

تختلف مستويات استهلاك الطاقة فى الجسم تبعا لاختلاف انشطة الجسم وتأثير البيئة المحيطة عليه لذا فان هناك ثلاثة مستويات لاستهلاك الطاقة وهى التمثيل الغذائى القاعدى والتمثيل الغذائى فى حالة الراحة النسبية والطاقة المستهلكة أثناء النشاط البدنى .

٩/٤/٣/١ — التمثيل الغـذائى القـاعدى :

وهو مقـدار الطاقة المستهلكة فى حالة الراحة الكاملة للعضـلات وقبـل تناول الطعام (او بعـد ١٢ ساعة من تناول الطعـام السابق) وعندما تكون درجة حرارة البيئة المحيطة ٢٠ — ٢٢ درجة .

ويبلغ مقدار التمثيل الغـذائى القاعدى للانسان البالغ الذى وزنه ٧٠ كيلوجرام حوالى ١٧٠٠ سعر حرارى خلال ٢٤ ساعة ومن هذه الكمية تستهلك الأجهزة الداخليـة حوالى ٢٥٪ (القلب — الكلى وغـيرها) ويوزع البـاقى ٧٥٪ على نشاط جميع خـلايا وانسجة الجسم الأخرى ويمكن ان يتراوح مقـدار التمثيل الغـذائى القاعدى لدى البالغين زيادة او نقصا حوالى ١٥٪ وعادة يقـل حوالى ٥٪ لدى الاناث عنه بالنسبة للذكور ، وهو يرتبط اساسا بمقدار مسطح الجسم والعمر فكلما زاد مسطح الجسم زاد التمثيل الغذائى القاعدى ولذا فانه يحسب بمقدار السعرات الحرارية لكل متر مربع من مسـطح الجسم فى الساعة . ويقـل التمثيل الغذائى القاعدى مع تقدم العمر حيث يبلغ لدى الأطفال قبل خمس سنوات ٥٠ — ٥٥ سعر حرارى لكل متر مربع فى الساعة وللشباب ٤٢ سـعر حرارى وللكبار ٣٧ سـعر حرارى وللمسنين يبلغ ٣٤ سـعر حرارى .

ويؤثر على مقدار التمثيل الغذائى القاعدى مستوى النشاط الحركى ونوعية الغـذاء كما يؤدى الجوع لفترة طويلة الى نقص التمثيل الغذائى القاعدى ، وينتظم التمثيل الغذائى القاعدى فى الجسم تحت تاثير الجهاز العصبى والهرونى حيث يتاثر التمثيل الغذائى بهرمونات الغـدة الدرقية والنخامية فعند زيادة افراز هرمون الغدة الدرقية يرتفع التمثيل الغـذائى القاعدى وينخفض عند نقص افراز هذا الهرمون .

ويؤدى التدريب الرياضى الى اقتصاد عمليات الأكسدة فى الجسم لذلك فان فى معظم الأحوال يؤدى الى انخفاض التمثيل الغذائى القـاعدى ويظهر ذلك واضحا لدى لاعبى الجرى مسافات طويلة .

٩/٤/٣/٢ — استهلاك الطاقة فى حالة الراحة النسبية :

بالطبع يزيد استهلاك الطاقة فى حالة الراحة عن استهلاكها أثناء

التمثيل الغذائى القاعدى حيث تستهلك هذه الطاقة لقيام الجهاز الهضمى بوظيفته عنـد هضم الطعـام وكذلك لتنظيم درجة حرارة الجسم وكذلك الاحتفاظ بأوضاع الجسم المختلفة ، ويزيد استهلاك الطاقة بعـد الطعام لتوفير الطاقة اللازمة لعمل عضلات اعضاء الجهاز الهضمى ونشاط الغدد وعمليات امتصاص المواد الغذائيـة ، وتلاحظ زيادة اسـتهلاك الطاقة بعد تناول الطعام بساعة كما تبلغ اقصاها بعد ٣ ساعات ثم تستمر لعدة ساعات ، وتختلف زيادة استهلاك الطاقة تبعا لنوعية الغـذاء الذى تناوله الشخص حيث تبلغ اقصى زيادة لاستهلاك الطاقة بعـد تناول الوجبات البروتينية حوالى ٣٠٪ ويؤدى هضم الدهون والكربوهيدرات الى زيادة استهلاك الطاقة حوالى ٤ — ١٥٪ ، ويمكن ان يظـل ارتفاع استهلاك الطاقة نتيجة تناول الغذاء حوالى اكثر من ٥ — ٦ ساعات .

ويتطلب الاحتفاظ بثبات درجة حرارة الجسم ايضا زيادة فى استهلاك الطاقة وعلى سبيل المثال يمكن ان تزيد كمية اسـتهلاك الطاقة فى حالة الجو البارد حوالى ٣ — ٤ مرات اكثر من مستوى التمثيل الغذائى القاعدى ويتطلب الاحتفاظ بأوضاع الجسم زيادة النغمة العضلية لبعض المجموعات العضلية ، وهذا بالتالى يؤدى الى زيادة استهلاك الطاقة وهى عادة تزيد فى حالة محاولة الاحتفاظ بوضع الجسم فى وضع غير مريح أو غير معتاد حيث تزيد فى وضـع الجلوس بحوالى ٥ — ١٥٪ وفى وضـع الوقوف ١٥ — ٣٠٪ بالمقارنة بوضع الرقود .

وتزيد كمية الطاقة المستهلكة فى فترة الراحة النسبية خلال عمليات الاستشفاء بعد النشاط البـدنى وذلك لتوفير التفاعلات الكيمائية اللازمة للعضـلات لأكسدة حامض اللاكتيـك بصفة خاصة . كما يمكن ان يتغير مستوى استهلاك الطاقة فى الراحة النسبية تبعا لردود الأفعال الانعكاسية مثل تأثير الضوضاء على زيادة استهلاك الطاقة وكذلك فى حالة ما قبـل المنافسات الرياضية ، وهذه الزيادة لها أهميتها لاعداد اللاعب لما هو مقبل عليـه من نشـاط بدنى .

٣/٣/٤/٩ — استهلاك الطاقة أثناء النشاط البدنى :

يزيد استهلاك الطاقة بدرجة كبيرة أثناء النشاط البدنى وعلى سبيل المثال يزيد استهلاك الطاقة عند المشى بما يزيد عن ٨٠ — ١٠٠٪ عنها أثناء الراحة وتزيد أثناء الجرى بحوالى ٤٠٠٪ .

ويتكون الاستهلاك العام للطاقة من مقدار الطاقة المستهلكة بالاضافة الى التمثيل الغذائى القاعدى ومقدار الطاقة اللازمة لاداء المهنة والنشاط الرياضى وغيرها من أنواع الأنشطة العضلية الأخرى ، ولا يحتاج النشاط الذهنى الى استهلاك قدر كبير من الطاقة .

وتختلف كمية الطاقة العامة للأشخاص تبعا لنوعية النشاط الذى يبذلونه طوال ٢٤ ساعة فيتراوح مقدار الطاقة لمن لا يمارسون عملا عقليا كبيرا اعتمادا على العمل الذهنى فى مهنتهم ما بين ٢٢٠٠ — ٣٠٠٠ سعر حرارى ويزيد عن ذلك للأشخاص الذين يمارسون نشاطا بدنيا حيث تتراوح الطاقة الكلية لديهم ما بين ٢٣٥٠ — ٣٢٠٠ سعر حرارى ، وفى حالة ما اذا كان العمل صعبا ولكنه ليس بدنيا فيحتاج الانسان الى استهلاك طاقة حوالى ٢٩٠٠ — ٣٩٩٠ سعر حرارى .

ويصاحب أداء الأنشطة الرياضية زيادة كبيرة فى مقدار الطاقة العامة وتصل الى حوالى ٤٥٠٠ — ٥٠٠٠ سعر حرارى فى اليوم ، وهذا المقدار قد يزيد فى بعض أيام التدريب بزيادة للحمل او فى حالة المنافسات خاصة للاعبى المسافات الطويلة .

ويمكن حساب الطاقة المستهلكة ونسبتها الى الزمن أو نسبتها الى المسافة ، وفى هذه الحالة فان المجموع الكلى للطاقة لا ينسب فقط الى شدة أداء العمل العضلى ولكن ايضا الى زمن الاستمرار فى الأداء . وعلى سبيل المثال يمكن حساب طاقة الجرى نسبة الى المتر وهنا فان هذه الطاقة النسبية تكون فى أكبر قدرها عند عدو ١٠٠ متر بينما تكون أقلها عند الجرى فى سباقات الماراثون .

ويتأثر مستوى انتاج الطاقة ايضا بدرجة حرارة ورطوبة الهواء

والضغط الجوى وقوة الرياح وبصفة خاصة عند الجرى وكذلك درجة ميل الجسم عند الانزلاق وكذلك يتأثر مستوى استهلاك الطاقة بالحالات الانفعالية التى تظهر اثناء العمل ، فالانفعالات قد تزيد من استهلاك الطاقة أو تقلله .

وعند اداء الانسان لأى عمل ميكانيكى فان مقدار الجزء الفعال من الطاقة لاداء هذا العمل يتراوح ما بين ٢٠ — ٢٥٪ بينما يتحول باقى الطاقة الى حرارة ، وهذا المعدل يختلف تبعا لاختلاف تركيب وايقاع الحركات التى يؤديها الانسان وكذلك عدد العضلات المشتركة فى العمل ودرجة تدريب اللاعب ، ويختلف الايقاع الأمثل للحركة والذى يضمن اقل حد لاستهلاك الطاقة تبعا لاختلاف شدة العمل البدنى ومستوى تدريب اللاعب . ويحذر الحكم على حالة التعب بمقدار الطاقة المستهلكة ومثال على ذلك أن اكثر أنواع العمل العضلى تسببا فى التعب هو العمل العضلى الثابت ومع ذلك فانه يحتاج الى استهلاك طاقة قليلة .

ومن الضرورى أن يفقد الانسان يوميا جزء من الطاقة الكلية على العمل العضلى بحيث لا يقل هذا الجزء عن ١٢٠٠ — ١٣٠٠ سعر حرارى ، ولذا فان الأشخاص الذين لا يمارسون مهنا تتطلب عملا بدنيا يحتاجون الى ممارسة النشاط الرياضى لاستهلاك هذه الطاقة .

٩/٥ — التمثيل الغذائى والتدريب الرياضى :

يعتبر التمثيل الغذائى أثناء النشاط البدنى احدى مستويات التمثيل الغذائى الثلاثة ، الا ان هذا المستوى من مستويات التمثيل الغذائى يحتل اهمية خاصة نظرا لارتباطه بانتاج الطاقة المحركة للعضلات أثناء النشاط الرياضى ، سواء كانت هذه الطاقة لا هوائية أم طاقة هوائية ، كما يمكن تقويم درجة حمل التدريب تبعا لانتاج الطاقة ، ويرتبط بذلك أيضا تقنين طرق التدريب والنظام الغذائى وغيرها .

١/٥/٩ — تقويم مستويات حمل التدريب تبعا لانتاج الطاقة :

يعتبر مقدار الطاقة المنتجة من الوسائل الهامة لتقويم درجة حمـل التدريب حيث أن العمل العضلى يرتبط باستهلاك هذه الطاقة لذا فان امكانية حساب مدى استهلاك الطاقة بالسـعرات الحرارية يعتبر وسيلة عامة لتقدير درجة الحمل البدنى ، ويمكن الاسترشاد بالجداول التالية فى هـذا الموضـوع (جداول ٢٩ ، ٣٠ ، ٣١) .

جـــدول (٢٩)

تقسيم شـدة الحمل البدنى تبعا لاستهلاك الطاقة

(عن : زاتسيورسكى ١٩٧٨)

شدة الحمل	سعر حراى/دقيقة
المنخفض	١ — ٥
المتوسـط	٦ — ١٠
المرتفـع	١١—١٥
الأقصى	١٥—٢٠

ويجب ملاحظة أن هناك بعض الأنشطة الرياضية التى تتطلب درجة عالية من استهلاك الطاقة وعلى ذلك فان مجموع الطاقة فى الدقيقة الواحدة سيفوق كثيرا المستوى الأقصى للحمل البدنى ، وهذه الأنشطة مثل العدو فى ألعاب القوى أو الرفع فى رياضة رفع الأثقال أو الرمى أو الوثب ومثالا على ذلك فان معـدل الطاقة للاعب العدو يمكن أن تصل الى ٤٥ سـعر حرارى/دقيقة .

ويوضح الجدول (٣٠) مقدار الطاقة المستهلكة فى الدقيقة تبعا لاختلاف الأنشطة الرياضية .

جـــدول (٣٠)

معدل استهلاك الطاقة عند اداء الأنشطة الرياضية المختلفة

(عن : زاتسيورسكى ، ١٩٧٨)

النشاط الرياضى	طريقة الأداء	الطاقة المستهلكة سعر / دقيقة
المشى بدون التحميل	طريق سهل وفى الملابس الرياضية	
	سرعة ٢ كم / ساعة	٢ر١
	٤ كم / ساعة	١ر٢
	٧ كم / ساعة	٤ر٥
التسلق لاعلى	٥١٦ بسرعة ٥ر١١ متر / دقيقة	٨ر٣
الجرى	سرعة ٩ كم / ساعة	٨ر١٠
	١٢ كم / ساعة	١١ر٣
	١٥ كم / ساعة	١٧ر٧
اختراق الضاحية	سرعة ١٢ — ١٣ كم / ساعة	١١ر٦
الدراجات	سرعة ٢٥ كم / ساعة	٢٠
	سرعة ٣٥ كم / ساعة	١٢
الألعاب (سلة ـ قدم)		١٠ — ١٥
سباحة		١١ — ٥ر١١

ويعتبر حساب الطاقة فى الأنشطة ذات الحركة الوحيدة المتكررة اكثر سهولة ، ولذا يوضح الجدول (٣١) استهلاك الطاقة فى الجرى .

جـــــدول (٣١)
معدل اســـتهلاك الطاقة فى الجرى
(عن : موليلكو ، ١٩٧٢)

مســـافات الجرى	سـعر / ثانية
١٠٠ متر	٥
٤٠٠ متر	٣
٨٠٠ — ١٠٠٠ متر	٢
١٥٠٠ — ٣٠٠٠ متر	١
٥٠٠٠ — ١٠٫٠٠٠	٠٫٧٥
١٠٠٠ متر / ساعة	٠٫٥٠
الجرى ساعة / مارثون	٠٫٤٠
الجرى البطىء	٠٫٢٥

ولكى نحسب درجة الحمل البدنى من الناحية الفسيولوجية يتم ضرب معدل استهلاك الطاقة فى زمن اســـتمرار اداء الحمل البدنى ، وفى حالة ما اذا كان الحمل البدنى لا يؤدى كله دفعة واحدة يتم حساب الســـعرات الخاصة بكل دفعة ثم تجمع كلها لاستخراج الطاقة الكلية ، ومثال فى حالة ما يكون متوسط استهلاك الطاقة فى كرة القدم يبلغ ١٥ سعر / دقيقة فان الطاقة المستهلكة خلال المباراة كلها تبلغ ١٥ × ٩٠ = ١٣٥٠ سعر ، وفى حالة الجرى ١٠ كيلو بمعدل استهلاك طاقة ١٦ — ١٨ سعر / دقيقة فان الطاقة المستهلكة تبلغ ٣٥٠ — ٥٠٠ ســعر ، وبالنســبة للمارثون ٢٣٠٠ سعر (١٥ — ١٧ سعر / دقيقة × ١٢٥ دقيقة). (جدول ٣٢) .

جـــــدول (٣٢)

استهلاك الطاقة الزائدة اثناء اداء بعض الأنشطة الرياضية

الأنشطة الرياضية	سعر حرارى
الجرى (متر)	
١٠٠	١٨
٢٠٠	٢٥
٤٠٠	٤٠
٨٠٠	٦٠
١٥٠٠	١٠٠
٣٠٠٠	٢١٠
٥٠٠٠	٣١٠
١٠ر٠٠٠	٥٩٠
٤٢ كيلو ١٩٥ متر	٢٣٠٠
سباحة (متر)	
١٠٠	٥٠
٢٠٠	٨٠
٤٠٠	١٥٠
١٥٠٠	٥٠٠

٢/٥/٩ — انظمة انتاج الطاقة :

يعتبر موضوع الطاقة من اهم الموضوعات العلمية فى مجال التربيــة الرياضية والتدريب الرياضى نظرا لارتباط الطاقة بحياة الانسان بصــفة عامة وبحركات واوضاع الجسم فى النشاط البدنى بصفة خاصة ، فتنوع حركات الجسم والأنشطة البدنية المختلفة يقابله ايضا تنوعا كبيرا فى نظم

انتاج الطاقة ، فالطاقة هى مصدر الانقباضات العضلية المسـئولة عن حركات واوضاع الجسم المختلفة .

وقبل مناقشة موضوع الطاقة فى المجال الرياضى يجب اولا ان نعرف نبذة قصيرة عن مفهوم مصطلح الطاقة وتطوره ومدى ما يحتويه من مفاهيم مختلفة ، فالطاقة تعرف ببساطة بانها القوة او الجهد او السعة أو الحيوية الا أن ذلك لا يعد التعريف العلمى للطاقة وان كان معبرا عنها بعض الشىء، وحينما نبحث عن التعريف العلمى للطاقة نجد ان الطاقة كفكرة نشـأت مرتبطة بحركة الأجسام الميكانيكية ثم تطورت وتداخلت فى التفكير العلمى حتى صارت خاصة اساسية من خواص المادة .

وقد عرف لانسان الأول الطاقة حين رفع ثقلا وحين اشعل نارا ثم بعد ذلك تطور مفهوم الطاقة وتناوله كثير من العلماء على مختلف العصور بدءا من (ديكارت) الذى عرف الطاقه بانها مقدرة الجسـم على الحركة خلال النصف الأول من القرن السابع عشر ، واضاف الى ذلك العالم الالمانى (لايبتز) ما يسـمى (القوة الحية) حيث ربط بين المقدرة على الحركة وتناسبها مع مربع السرعة والتى سميت بعد ذلك (بطاقة الحركة) واصبح بعد ذلك مفهوما أن الطاقة لا تقتصر فقط على الحركة ، فهناك نوعا آخر يسمى طاقة الجهد او الموضع وهى تنسب الى الجسم السـاكن وهذان النوعان يعبران عن الطـاقة الميكانيكية التى تطور مفهومها بعد ذلك مع بداية القرن التاسـع عشر الى امكانية تحولها الى طاقة حرارية وان الطاقة الحرارية التى نشعر بها فى الجسـم ما هى الا نوع من أنواع الطاقة * .

وهكذا تطورت فكرة تحول الطاقة الى مظاهر مختلفة وارتبطت فكرة الطاقة بجميـع نواحى العلوم الطبيعية فاصـبح ينظر الى الكهربيـة والمغناطيسية والصوت والضوء وسائر الاشعة غير المرئية كمظاهر مختلفة من الطاقة واصبح فى الامكان القول ان الطاقة كالمادة لا تفنى وانما يمكن أن تتحول الى مظاهر اخرى ، ومع بداية القرن العشرين اكتشف (البرت اينشـتين ١٩٠٥) الطاقة الذرية الا ان ذلك كان حلما حتى كانت قنبلة

هير شـــيما فى اليابان الاثبات العلمى على ما جاء به اينشـــتين . ويمكن تقسيم الطاقة الى ستة اشكال فيما يلى :

(أ) الكيمياء	(ب) الميكانيكية	(الحرارية)
(د) الضوئية	(هـ) الكهربائية	(و) النووية

وللطاقات مصادر كثيرة وتعتبر الشمس هى المصدر الأم لكل مصادر الطاقة ، فالشمس تمد الأرض باسباب الطاقة التى اختزنت فيهـــا عـــلى اشكال مختلفة ، فتحتوى أوراق النبات الخضراء على جزء من هذه الطاقة القادمة من اشعة الشمس لتأخذ شكلا آخر من اشكال الطاقة الكيميائية التى تتحرر خـــلال انشطار المواد الغذائية لا تستخدم بطريقة مباشرة فى وحينما نأكل النبات وغيره من المصادر الحيوانية الأخرى تحدث عمليــــة تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة ميكانيكية ، ولذا فان ما يعنينا هنا من اشكال الطاقة ، الطاقة الميكانيكية والكيميائية .

١/٢/٥/٩ — ثلاثى ادينوسين الفوسفات (ATP) :

بعد أن عرفنا ما هى الطاقة وكيف يحصل عليها الجســـم من خلال الطعام الذى نتناوله حينما يتحول الى طاقة كيميائية فى وجود الاكسوجين مع انتاج ثانى أكسيد الكربون والمـــاء . والآن كيف يمكن لهـــذه الطـــاقة الكيميائية ان تؤدى الى انتاج شغل ميكانيكى او انقباض عضلى ؟ فالطاقة التى تتحرر خلال انشطار المواد الغذائية لا تســـتخدم بطريقة بباشرة فى اداء اى عمل حركى ولكنها تستخدم فى تكوين مركب كيميائى يسمى ثلاثى ادينوسين الفوسفات Adenosin Tri Phoshate او باختصـــار (ATP) وهذا المركب الكيميائى يخزن فى جميع خلايا الجسم ، وتقوم خلايا الجسم بوظائفها اعتمادا على الطاقة الناتجة عن انشـــطار هذا المركب الكيميائى (ATP) وهو يتكون من أحد المكونات المركبة وهو الادينوسين بالاضافة الى ثلاثة أجزاء اقل تركيبا تسمى المجموعة الفوسفاتية ، وحينما ينشطر أحد مكونات المجموعات الفوســـفاتية فان هذا يؤدى الى انتاج كمية كبيرة من الطاقة حوالى من ٧ الى ١٢ سعر حرارى كبير (كيلو كالورى) بالاضافة الى ثنـــائى ادينوســـين الفوســـفات * Adenosin Diphosphat بالاضـــافة

الى فوسفات غير عضوى (Pi) ، وهذه الطاقة التى تتحرر خلال انشطار (ATP) تعتبر المصدر المباشر للطاقة الذى تستخدمه العضلة فى اداء الشغل المطلوب . الا ان كمية (ATP) المخزون فى العضلة قليلة جدا لا تكفى لانتاج طاقة تتعدى بضعة ثوان وهنا فانه بدون وجود (ATP) فى الخلية العضلية لن تكون هناك طاقة وبالتالى لن تكون هناك حركة او انقباض عضـــلى ؛ ولذا فانه يتم بصفة مستمرة اعادة بناء (ATP) وهناك ثلاثة انظمة لاعادة بنـــاء (ATP) ، احد هذه الأنظمة يعتمد على مصدر كيميائى هو فوسفات الكرياتين ويســـمى هذا النظام (ATP–PC) او النظام الفوســـفاتى او Phosphagen System حيث تاتى الطاقة اللازمة من انشـــطار مركب واحد للطاقة وهو فوسفات الكرياتين (PC) ، ويعتمد النظامان الآخران لانتاج الطاقة على عدة عمليات كيميائية للتمثيل الغذائى للمصادر الغذائية فى انتاج الطاقة اللازمة لاعادة بناء (ATP) . ويعتمد احد النظامان لانتاج الطاقة على التمثيل الغذائى اللاهوائى (بدون وجود الأكسوجين) وهو نظـــام الجلكزة اللاهوائيـــة Anaerobic gloycolysis او يســـمى ايضـــا نظام حامض اللاكتيك Lactic Acid System ، بينما يعتمـــد النظام الثالث على التمثيل الغذائى الهوائى (فى وجود الأكســـوجين) فى انتاج الطاقة ويسمى النظام الهوائى او نظام الاكسوجين Aerobic or Oxygen System .

٢/٢/٥/٩ — النظام الفوسفاتى :

يعتبر فوسفات الكرياتين من المركبات الكيميائية الغنية بالطاقة وهو يوجد فى الخلايا العضلية مثله فى ذلك مثل (ATP) وعند انشـــطاره تتحرر كمية كبيرة من الطاقة تعمل هذه الطاقة على استعادة بناء (ATP) المصدر المباشر للطاقة حيث يتم استعادة مول * (Mole) (ATP) مقابل انشطار مول PC .

---

* المول هو وزن الجرام الجزيئى وهو عبارة عن المجموع الكلى للوزن الذرى لمكونات المركب الكيميائى ويستخدم المول كوحدة قياس للمركبات .

ومن المعروف ان الكمية الكلية لمخزون ATP و PC فى العضـــلة قليلة جدا وهى تقدر بحوالى ٣ر. مول فى السيدات و ٦ر. مول فى الرجال وهذا بالتالى يحد من انتاجية الطاقة بواسطة هذا النظام ، فيكفى ان يعدو اللاعب ١٠٠ متر بأقصى سرعة لينتهى مخزون (ATP–PC) غير ان القيمـــة الحقيقية لهذا النظام تكمن فى سرعة انتاج الطاقة أكثر من وفرتها ، وهناك انشطة رياضية كثيرة تحتاج الى سرعة الأداء ، والذى يتم خلال عدة ثوان مثل العدو والوثب وسباحة المسافات القصيرة ، كل هذه الأنشطة تعتمد على هذا النظام فى انتاج الطاقة لما يتميز به هذا النظام من سرعة انتـــاج الطاقة دون الاعتماد على الأكســـوجين ، ولذا يطلق على هذا النظام أنه لا هوائى .

ويمكن تلخيص مميزات هذا النظام فيما يلى :

١ ـــ لا يعتمد على سلسلة طويلة من التفاعلات الكيميائية .

٢ ـــ لا يعتمد على انتظار تحويل اكسوجين هواء التنفس الى العضلات العـــاملة .

٣ ـــ تختزن العضلات كل من ATP و PC بطريقة مباشرة .

٣/٢/٥/٩ ـــ نظام حامض اللاكتيك :

ويعتمد هذا النظام ايضا على اعادة بناء ATP لاهوائيا بواســــطة عملية الجلكزة اللاهوائية ، ويختلف هنا مصدر الطاقة حيث يعتبر مصدرا غذائيا يأتى من التمثيل الغذائى للكربوهيدرات التى تتحول الى صـــــورة بسيطة فى شكل سكر الجلوكوز الذى يمكن استخدامه مباشرة لانتاج الطاقة او يمكن ان يخزن فى الكبد او العضلات على هيئة جليكوجين لاستخدامه فيما بعد . وعند استخدام الجليكوجين او الجلكوز لانتاج الطاقة فى غياب الأكسوجين ، فان ذلك يؤدى الى تراكم حامض اللاكتيك فى العضلة والدم وهذا بدوره يؤدى الى التعب العضلى عند زيادته .

ويتم استعادة بناء ATP من خلال الانشـــطار الكيميائى للجليكوجين ليمر بعدة تفاعلات كيميائية حتى يصبح حامض اللاكتيك وخلال ذلك تتحرر الطاقة اللازمة لاعادة بناء ATP

ومن نواحى القصور فى هذا النظام والتى ترجع الى اتمام التفاعلات الكيميائية فى غياب الاكسوجين مما ينتج عنه قلة كمية ATP التى يمكن استعادتها من انشطار السكر بالمقارنة فى حالة اتمام التفاعلات الكيميائية فى وجود الاكسوجين ، وعلى سبيل المثال فان كمية الجليكوجين التى مقدارها ١٨٠ جرام تؤدى الى استعادة بناء ٣ مول ATP فقط فى حالة غياب الاكسوجين (لا هوائى) بينما على العكس من ذلك ففى حالة وجود الاكسوجين (هوائى) تعطى نفس هذه الكمية من الجليكوجين استعادة بناء ٣٩ مول ATP الا ان النشاط البدنى الذى يعتمد على الجلكزه اللاهوائية لا يحتاج الى اعادة كمية كبيرة من ATP حيث لا تزيد حاجة الجسم عن ١ — ٢ر١ مول ATP ويرجع السبب فى ذلك الى العضلة والدم تستطيع أن تتحمل وجود حوالى ٦٠ — ٧٠ جرام من حامض اللاكتيك قبل ظهور التعب ، فاذا ما تم انشطار كل كمية الجليكوجين التى مقدارها ١٨٠ جرام فان العضلة والدم لا يستطيعان تحمل كل هذه الكمية من حامض اللاكتيك (١٨٠ جرام) وبذا فان حامض اللاكتيك فى هذه الحالة يعتبر معوقا للاداء العضلى .

ويتميز استخدام هذا النظام لانتاج الطاقة بسرعة امداد العضلة بالمصدر المباشر للطاقة ATP ، فعلى سبيل المثال فان الأنشطة الرياضية التى تؤدى بالسرعة القصوى وخلال فترة زمنية من ١ — ٣ دقائق تعتمد بالدرجة الكبرى على نظام الفوسفات ونظام حامض اللاكتيك ، ومن هذه الأنشطة العدو ٤٠٠ متر و ٨٠٠ متر .

ويمكن تلخيص مميزات هذا النظام فيما يلى :

١ — يحدث التعب العضلى نتيجة تراكم حامض اللاكتيك .

٢ — لا يحتاج الى وجود الأكسوجين .

٣ — يعتمد فقط على الكربوهيدرات كمصدر للطاقة (الجليكوجين — الجلكوز) .

٤ — ينتج كمية كافية من الطاقة لاستعادة عدد قليل من مولات ATP .

٤/٢/٥/٩— نظام الاكسوجين :

يتميز هــذا النظـــام عن النظامين الآخرين لانتـــاج الطاقة بوجود الاكسوجين كعامل فعال خلال التفاعلات الكيميائية لاعادة بناء ATP ، وفى وجود الأكسوجين يمكن استعادة بناء ٣٩ مول ATP بواسطة التكســـير الكامل لجزئى جليكوجين ليصبح ثانى اكسيد الكربون وماء ، وتعتبر هذه اكبر كمية لاعادة بنـــاء ATP ومثل هذا يتطلب مئات التفاعلات الكيميائية ومئات من النظم الأنزيمية والتى تزيد فى تعقيدها بدرجة كبيرة عن انتـــاج الطاقة اللاهوائى فى النظامين السابقين ، ويتم نظام الأكسوجين فى داخل الخلية العضـــلية ، ولكن فى حيز محـــدد وهو ما يســـمى الميتوكوندريا Mitochondria وهى عبـــارة عن اجســـام تحمـــل المواد الغذائيـــة للخلية ويكثر تواجدها فى الخلايا العضلية ، ويمكن تقســـيم التفاعلات الكيميائية للنظام الهوائى او نظام الاكسوجين الى ثلاث سلسلات رئيسية هى :

١ — الجلكزة الهوائية Aerobic glycolysis

٢ — دائرة كربس The Krebs Cycle

٣ — نظام النقل الالكترونى The electron transport System

وفى حالة الجلكزة الهوائية فانهـــا تختلف عن الجلكزة اللاهوائية فى انها لا تتم الا فى وجود الاكسوجين ، وهذا يؤدى الى عدم تراكم حامض اللاكتيك ، ولكن يعيد بنـــاء ATP . وخلال الجلكزة الهوائية ينشطر جزىء الجليكوجين الى جزيئين من حامض البيروفيك ، وبذلك تتوافر كمية كافية من الطاقة لاعادة بناء ٣ مول من ATP ويتم بعد ذلك اســـتمرار حامض البيروفيك خلال سلسلة تفاعلات كيميائية تسمى دائرة كربس نسبة الى العالم السير هانس كربس Sir Hans Krebs والذى نال جائزة نوبل بفضل بفضل هذا الاكتشاف عام ١٩٥٣ وتعرف ايضا باسم دائرة حامض تراى كابوكسيليك وكذلك باسم دائرة حامض ســـتريك Citric Acid وهناك تغيران أساسيان يحدثان خلال هذه الدورة :

١ — انتاج ثانى اكسيد الكربون .
٢ — الأكسدة بمعنى عزل الالكترونات .

وينتقل ثانى اكسيد الكربون الى الدم الذى يحمله الى الرئتين ليتخلص الجسم منه ، بينما تتم عملية الأكسدة بعزل الالكترونات فى شكل ذرات الهيدروجين (H) عن ذرات الكربون التى يتكون منها حامض البيروفك وكذلك الجليكوجين .

ويستمر التحويل النهائى للجليكوجين حتى يأخذ الشكل النهائى له فى صورة ماء بواسطة ايونات الهيدروجين والالكترونات التى عزلت بواسطة دائرة كربس واكسوجين هواء التنفس وتسمى سلسلة التفاعلات الكيميائية التى تشكل الماء نظام النقل الالكترونى أو السلسلة التنفسية .

وفيما سبق تم مناقشة النظام الهوائى لانتاج الطاقة بتكسير الجليكوجين فقط ، ولكن هناك نوعان آخران من المواد الغذائية يمكن أن تنشط بالنظام الهوائى لتتحول الى ثانى اكسيد الكربون والماء مع انتاج الطاقة اللازمة لاعادة بناء ATP غير أن البروتين عادة لا يستخدم كمصدر للطاقة ، فان التركيز فقط سيكن على المواد الدهنية . ويتم تحويل المواد الدهنية الى احماض دهنية تدخل ضمن دائرة كربس ونظام التحول الالكترونى لانتاج الطاقة ، غير أن اكسدة الدهون تتطلب كمية اكسوجين اكثر حيث تبلغ كمية الاكسوجين اللازمة لاعادة بناء مول ATP حوالى ٣ر٥ لتر اذا كان مصدر الطاقة هو الجليكوجين ، بينما تبلغ كمية الاكسوجين ٤ لتر فى حالة ما اذا كان مصدر الطاقة هو الدهون ، ويلاحظ أننا نستهلك اثناءالراحة ما بين ٢٠٠ الى ٣٠٠ ملليلتر اكسوجين فى الدقيقة ، وبذلك فاننا نعيد بناء جزىءATP الذى يحتاج الى ٣ر٥ أو ٤ لتر خلال ١٢ — ٢٠ دقيقة ، ولكن سرعة اعادة مول ATP تزيد مع زيادة سرعة استهلاك الأكسوجين والتى تحدث اثناء النشاط الرياضى ، حيث يمكن اعادة بناء

جزىء ATP كل دقيقة لدى معظم الأشخاص ، بينما يمكن زيادة هذه الكمية الى ٥ر١ مول ATP كل دقيقة لدى اللاعبين المدربين على أنشطة التحمل ، ولا يؤدى اســـــتخدام النظام الهوائى الى حدوث التعب نتيجة لوجود مخلفات مثل حامض اللاكتيك ، وبالطبع فان هذا النظام يصلح عند الحاجة الى انتاج ATP لفترة طويلة مثل أنشطة التحمل ، وعلى سبيل المثال فان اللاعب يحتاج الى ١٥٠ مول ATPخلال ٥ر٢ ساعة ليتمكن من انتـــــاج الطاقة اللازمة لجرى سباق المارثون (٢ر٤٢ كيلو متر) .

وفيما يلى تلخيص لأهم خصائص نظم انتاج الطاقة الثلاثة (جدول ٣٣) .

جـــدول (٣٣)

مقارنة بين خصائص نظم انتـــاج الطاقة

الخصـــائص	نظام الفوسفات	نظام حامض اللاكتيك	نظام الأكسوجين
الأكســوجين	لا هــوائى	لا هــوائى	هـــوائى
سرعة انتاج الطاقة	الأسرع	سريع	بطىء
مصـــادر الطاقة	كرياتين الفوسفات	الجليكوجين	الجليكوجين والدهون
انتـــاج ATP	محدود جـدا	محـــدود	غير محـــدود
عدد مولات ATP فى الدقيقة	٣ر٦	١ر٦	١ر٠
السعة القصوى	٠ر٧	١ر٢٠	٩٠ر٠
التعب نتيجة المخلفات	لا يوجـــد	يوجد بسبب اللاكتيك	لا يوجـــد
الفترة الزمنية	اقل من ٣٠ ثانية	من ١ــ٣ دقائق	أكثر من ٣ دقائق
الأنشطة الرياضية	القوة والسرعة	تحمل السرعة والقوة	انشطة التحمل

٥/٢/٥/٩ — نظم الطاقة الهوائية واللاهوائية خلال النشاط الرياضى :

يعتمد الجسم خلال الراحة على الدهون والكربوهيدرات فى انتاج الطاقة ويلاحظ أن نسبة الاعتماد على الدهون تمثل ثلثى مصدر الطاقة بينما يبقى الثلث الأخير للاعتماد على الجليكوجين ، ويستخدم فى هذه الحالة نظام الطاقة الهوائى ويرجع ذلك الى امكانية توصيل الاكسوجين الكافى لكل خلية من خلايا الجسم ويلاحظ أن نسبة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم تبقى ثابتة ١٠ ملليجرام لكل ١٠٠ ملليلتر من الدم (١٠ ملليجرام٪) وهذا الاستقرار فى تركيز حامض اللاكتيك يدل على عدم حدوث عمليات انتاج الطاقة اللاهوائية .

وفى أثناء النشاط الرياضى يعتمد على كلا النظامين الهوائى واللاهوائى بنسب مختلفة ترجع الى طبيعة التدريبات البدنية المستخدمة ويمكننا توضيح ذلك اذا ما قسمنا الأنشطة الرياضية تبعا لزمن الأداء وشدته الى نوعين أساسيين هما الأنشطة قصيرة الدوام والأنشطة طويلة الدوام .

٦/٢/٥/٩ — الأنشطة قصيرة الدوام :

وتشمل هذه الأنشطة العدو لمسافات ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٤٠٠ متر والجرى ٨٠٠ متر وغيرها من الأنشطة الأخرى التى تستمر فيها فترة الأداء حتى ٢ — ٣ دقائق .

وفى مثل هذه الحالة فان المصدر الأساسى لانتاج الطاقة يعتبر الجليكوجين بينما تقل نسبة الدهون ويستخدم البروتين ، ويعتبر النظام اللاهوائى هو النظام السائد بنوعيه الفوسفاتى ونظام حامض اللاكتيك .

ولا يستطيع النظام الهوائى أن يلبى سرعة احتياج العضلات الى الطاقة ويرجع سبب ذلك الى أن لكل منا حدا لقدرته الهوائية او الحد الأقصى لمعدل استهلاك الاكسوجين ، ويحتاج زيادة معدل استهلاك الاكسوجين الى مستوى أعلى فترة زمنية حوالى ٢ — ٣ دقائق . وتطبيقا

لذلك فان الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين للرياضيين يبلغ حوالى ٣ لتر للاناث و ٥ لتر فى الدقيقة للذكور بينما يبلغ بالنسبة لغير الرياضيين من الاناث حوالى ٢ر٢ لتر/دقيقة وللذكور ٢ر٣ لتر/دقيقة ، وهذه الكمية من الأكسوجين لا تكفى لامداد كل كمية ATP المطلوبة لاداء ١٠٠ متر عدو مثلا والتى قد تتطلب ما يزيد عن ٤٥ لتر/دقيقة من الأكسوجين (أى حوالى ٨ لتر اكسوجين لكل ١٠٠ متر او لكل ١٠ ثوان) ، وحتى فى حالة امكانية كفاية الأكسوجين فان المشكلة الأخرى هى ان سرعة زيادة معدل استهلاك الأكسوجين تحتاج الى أول ٢ — ٣ دقائق من بداية الاداء حتى يبلغ معدل استهلاك الأكسوجين المستوى المطلوب ويرجع سبب تأخير زيادة استهلاك الأكسوجين الى الوقت اللازم لتكيف العمليات الكيميائية الحيوية والفسيولوجية مع متطلبات الأداء وينطبق ذلك على حالة انتقال الجسم من الراحة الى أداء الحمل البدنى على أى مستوى من الشدة أو فى حالة انتقال اللاعب من شدة منخفضة الى شدة أعلى . وتسمى الفترة التى يكون فيها مستوى استهلاك الاكسوجين اقل من المستوى المطلوب للامداد بكل ما تحتاجه العضلات من ATP تسمى هذه الفترة عجز الأكسوجين Oxygen Deficit وخلال هذه الفترة يقوم نظام الفوسفات ونظام حامض اللاكتيك باعادة بناء كل المطلوب من ATP خلال النشاط البدنى وهذا يعنى أن الأنشطة البدنية ذات الدوام القصير ولكن مع الشدة العالية تسبب عجز الاكسوجين حيث يكون المصدر الأساسى لبناء ATP هو النظامان اللاهوائيان .

ويجب ملاحظة ان سرعة الجلكزة اللاهوائية يصاحبها فى نفس الوقت سرعة تراكم حامض اللاكتيك حيث يعتبر الجليكوجين هو المصدر الوحيد للطاقة وعند زيادة تجمع حامض اللاكتيك فى العضلة وفى الدم يهبط مستوى الانقباض العضلى ويستنفذ مخزون الجليكوجين بالعضلة ويحدث التعب العضلى وتنخفض شدة الأداء ، ويحتاج معظم اللاعبين الى زيادة قدرتهم على تحمل هذا التعب الناتج عن زيادة حامض اللاكتيك ، وقد سجل ارتفاع تركيز حامض اللاكتيك فى الدم الى ٢٠٠ ملليجرام٪ خلال سباقات العدو والسباحة ويعتبر ذلك المستوى اكثر بحوالى ٢٠ مرة لمستوى حامض

اللاكتيك اثناء الراحة (١٠ ملليجرام٪) ويعتبر مستوى حامض اللاكتيك فى الدم مؤشرا لنظام انتاج الطاقة الذى استخدم خـلال النشاط البدنى فاذا كان المســتوى مرتفعــا فان ذلك يعنى أن النظــام الذى استخدم هو الجلكزة اللاهوائيــة . أما اذا كان مستوى حامض اللاكتيك منخفضا فان ذلك يدل على سيادة استخدام النظام الهــوائى .

٧/٢/٥/٩ — الأنشطة طويلة الدوام :

وتشمل هــذه الأنشطة كل أنواع الأنشطة الرياضية التي تستمر فترة الأداء فيها حوالى ٥ دقائق أو أطول من ذلك وخـلال هذه الأنشطة يكون مصدر الطاقة الغذائى أيضا هو الكربوهيدرات والدهون ففى بداية الاداء يعتمد الجسم أساسا فى توفير الطاقة اللازمة لاعادة بنــاء ATP على الجليــكوجين ويستمر ذلك لمدة ساعة أو ساعتين فى الجـرى ، ثم بعــد ذلك تصبح الدهون هى المصدر الأساسى بعد استنفاذ مخزون الجليكوجين فى العضلات والكبد وبالطبع فان فى مثل هذه الحالة يعتبر المصدر الاســاسى لامداد ATP هو النظــام الهــوائى ويمكن أن يساهم أيضــا فى ذلك نظام الفوسفات ونظام حامض اللاكتيك ولكن ذلك يحدث فى بداية الاداء فقط ، وقبــل أن يصــل اســتهلاك الأكسوجين الى مستوى ثابت يحدث خـلال هــذه الفترة ما يسمى بعجز الأكسوجين ، وخلال ٢ — ٣ دقائق يصــل مستوى اســتهلاك الأكسوجين الى مســتوى ثابت يكفى لامداد حاجة العضلات من ATP هوائيا ، ولهــذا السبب لا يزيد مستوى تجمع حامض اللاكتيك بمجرد الوصول للحالة الثابتة ويمكن أن تبقى كمية الزيادة فى حامض اللاكتيك التى حدثت فى فترة عجز الأكسوجين حتى نهاية الأداء البدنى ، وتطبيقا لذلك عند دراسة حالة لاعب الماراثون الذى قطع مسافة الجرى ٢ر٤٢ كيلومتر فى ٥ر٢ ساعة لوحظ أن تركيز حامض اللاكتيك لدى هــذا اللاعب فى نهاية السباق يزيد حوالى ٢ — ٣ أضعاف تركيزه فى الدم وقت الراحة والتعب الذى يشعر به اللاعب خلال مثل هذا السباق لا يرجع بالتــالى الى زيادة تركيز حامض اللاكتيك ، وقد يرجع السبب فى حدوث التعب فى مثل هــذه الحالة الى ما يأتى :

(أ) انخفاض مستوى الجلوكوز فى الدم نتيجة استنفاذ مخزون الجليكوجين بالكبـــد .

(ب) التعب العضلى الموضعى نتيجة استنفاذ مخزون الجليكوجين بالعضلات العـــاملة .

(جـ) فقد الماء والذى يؤدى الى ارتفاع درجة الحرارة .

(د) الملـــــل .

وفى حالة أداء الأنشطة البدنية ذات الشدة المنخفضة جـــدا ولفترة زمنية طويلة فان مستوى حامض اللاكتيك يبقى كما هو عليه أثناء الراحة ويرجع ذلك الى كفاية النظـــام الفوسفاتى فى توفير ATP الذى تحتاجه العضـــلات فى فترة عجز الأكسوجين وقبـــل الوصول الى الحالة الثابتة لاســـتهلاك الأكســـوجين وفى مثـــل هـــذه الحالة يمكن أن يتأخر التعب الى ٦ ساعات أو أكثر ومثل هذه الأنشطة المشى والسباحة الطويلة .

وتعتبر مثـــل هـــذه المعـــلومات فى المجـــال التطبيقى واضـــحة فى أهمية تنظيم السرعة فى منافســـات الجرى والسباحة لمسافات متوسطة وطويلة ، فاذا بدأ اللاعب سباقه بسرعة عالية جدا أو بدأ فى زيادة سرعته النهائية قبل نهاية السباق بفترة طويلة فان هذا سيؤدى الى زيادة ارتفاع مســـتوى حامض اللاكتيـــك وكذلك اســـتنفاذ مخزون الجليكوجين مبكرا فى السباق ، وهـــذا بالطبع يرجع الى أنه كلما زادت شـــدة الأداء زادت الحاجة الى النظم اللاهوائية لانتـــاج الطاقة ، وتبعـــا لذلك يمكن للاعب ان يفشـــل فى السباق نتيجة شعوره المبكر بالتعب ، ولذا فمن الوجهـــة الفسيولوجية ينصح ان ينظم اللاعب سرعته على طول السباق مع العدو بأقصى سرعة فى نهاية الســـباق او بمعنى آخر يجب تأخير تجمـــع حامض اللاكتيـــك وكذلك استنفاذ مخزون الجليكوجين الى نهـــاية الســـباق ، وكما أن القدرة اللاهوائية هامة لاداء الأنشطة قصيرة الدوام فان القدرة الهوائية القصوى لها أهميتها فى الأنشطة طويلة الدوام ويعبر عن القدرة الهوائيـــة القصوى بالحـــد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين (Vo. Max) وهو أعلى معدل لاستهلاك الأكسوجين .

حيث V ترمز الى الحجم

O_2 الاكسوجين .

وترمز النقطة فوق $\dot{V}$ بنسبة ذلك الى وحدة زمنية وعادة الدقيقة .

ويتفوق اللاعب الذى يتميز بارتفاع مستوى القدرة الهوائية القصوى فى سـباقات التحمـل .

٨/٢/٥/٩ — تبادل نظم الطاقة خلال النشاط الرياضى :

تم فى الجزء السابق مناقشة نظم الطاقة خلال نوعان من الأنشطة الرياضية قصيرة الدوام مع الشدة العالية (لاهوائى) والأنشطة الرياضية طويلة الدوام مع الشـدة المنخفضة (هوائى) ولكن هناك سؤال هام حول الأنشطة الرياضية التى تقع بين هذين النوعين هل تعتبر مثل هذه الأنشطة لاهوائية أم تعتبر هوائية ؟ ولا يمكن الاجابة بالتحديد على مثل هذا السؤال بمعنى أن هذه الأنشطة تعتمد على النظامين معا اللاهوائى والهوائى ، ومثال على ذلك فى سباق ١٥٠٠ متر جرى فان اللاعب يعتمد على اعداد الجزء الأكبر لمصدر الطاقة ATP من خلال النظام اللاهوائى فى أثناء العدو فى بداية ونهاية السباق ، بينما يكون المصدر الأكبر لاعادة بنـاء ATP خلال الجزء المتوسط من مسافة السباق يعتمد على النظام الهوائى ، ويلاحظ أن سباقات المضمار بين ١٠٠ متر عدو والماراثون تختلف فيها نسبة الاعتماد على النظام اللاهوائى والهوائى حيث تقل نسبة النظام اللاهوائى كلما زادت مسافة السباق وبالتالى يزيد الاعتماد على النظام الهـوائى والعكس ، ويمكن القـول أن هنـاك اسـتمرارية لانتـاج الطاقة تعتمد على اشتراك نظم انتاج الطاقة فى الأنشطة الرياضية المختلفة بنسب مختلفة كما يتم تبادل العمل بين هذه النظم خلال النشاط البـدنى تبعا لاختـلاف شدتها وفترات دوامها .

ويمكن تقسيم الأنشطة الرياضية حسب استمرارية انتـاج الطاقة الى أربع مجموعات أساسية طبقـا لما يلى :

جـــدول (٢٤)

تقسيم الأنشطة الرياضية تبعا لنظم الطاقة

المجموعة	زمن الأداء	نظـــام الطاقة	امثلة من الأنشطة الرياضية
الأولى	اقل من ٣٠ ثانية	النظام الفوسفاتى	دفع الجلة - ١٠٠ متر عدو - ضربات الكرة والتنس - الجرى بالكرة
الثانية	من ٣٠ ثانية الى ٥ر١ دقيقة	النظام الفوسفاتى + نظام حامض اللاكتيك	٢٠٠ متر و ٤٠٠ متر عدو - ١٠٠ متر سباحة
الثالثة	٥ر١ - ٣ دقائق	حامض اللاكتيك والأكسوجين	٨٠٠ متر جرى - الجمباز - الملاكمة - المصارعة
الرابعة	اكثر من ٤ دقائق	الأكسوجين	كرة القدم - اختراق الضاحية - الماراثون

٩/٢/٥/٩ — اختلاف نسب مساهمة نظم الطاقة اثناء النشاط الرياضى :

يعتمد العمل العضلى على كلا نظامى انتاج الطاقة الهوائى واللاهوائى ، الا ان زيادة نسبة الاعتماد على اى منهما ترتبط ببعض العوامل المختلفة مثل نوع وشدة ودوام الحمل البدنى فعند العمل العضلى لفترة طويلة مع الشدة المنخفضة فان اكبر جزء من الطاقة يأتى نتيجة لاكسدة الكربوهيدرات والدهون بينما على العكس من ذلك فى حالة اداء الحمل البدنى لفترة قصيرة مع ارتفاع الشده حيث يتم على حساب عمليات انتاج الطاقة اللاهوائية ، وينتج استهلاك لتر الاكسوجين الواحد كمية من السعرات الحرارية تتراوح ما بين ٧ر٤ — ٥ سعر حرارى ، لذا فان الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين يعبر عن اكبر مدى للسعرات الحرارية الناتجة عن العمليات الهوائية فى وحدة زمنية معينة . وفى حالة الحمل البدنى المرتفع الشدة ولفترة قصيرة فان معظم الطاقة يكون مصدرها هو الادينوسين ثلاثى الفوسفات والفسفوكرياتين الا انه فى الوقت الحالى يعد من الصعب القياس المباشر والدقيق للطاقة اللاهوائية ولذا فان من الصعب تحديد نسبة مساهمة عمليات انتاج الطاقة الهوائية واللاهوائية بالنسبة لمجموع الطاقة الكلية الناتجة .

الا انه من الممكن حساب كمية الطاقة الهوائية (بالسعر الحرارى) عن طريق حساب محتويات الادينوسين ثلاثى الفوسفات والفسفوكرياتين وحامض اللاكتيك فى العضلة عند اداء الحمل البدنى وبناء على نتائج كارلسون ١٩٨١ فان اقصى معدل للطاقة اللاهوائية يبلغ حوالى ٣٠ سعرا حراريا وبناء على نتائج كارلسون وغيره من الباحثين وحيث ان الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين يبلغ حوالى ٥ لتر/دقيقة فانه يمكن تحديد نسبة مساهمة الطاقة الهوائية واللاهوائية فى التمثيل الغذائى عند اداء الحمل البدنى الاقصى مع اختلاف استمرار الاداء .

ويوضح الجدول (٣٥) نسب مساهمة الطاقة تبعا لزمن استمرار الاداء وعادة يعتبر الزمن من ١٠ ثوانى الى ٦٠ ثانية فترة زمنية قصيرة

يعتمـد فيهـا بنسبة اكبر على العمليات اللاهوائية بينما يمكن ان يستمر الانسان فى اداء الحمل باستخدام ٨٠ — ٩٠٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين لمدة ٣٠ — ٦٠ دقيقة .

جـــدول (٣٥)

النسبة المئوية والسعرات الحرارية للطاقة الهوائية واللاهوائية عند اداء الحمل البدنى الأقصى مع اختلاف زمن الأداء

زمن الأداء	الطاقة بالسعرات الحرارية			النسبة المئوية	
	اللاهوائية	الهوائية	المجموع	اللاهوائية	الهوائية
١٠ ثوانى	٢٠	٤	٢٤	٨٣٪	١٧٪
١ دقيقة	٣٠	٢٠	٥٠	٦٠٪	٤٠٪
٢ دقيقة	٣٠	٤٥	٧٥	٤٠٪	٦٠٪
٥ دقائق	٣٠	١٢٠	١٥٠	٢٠٪	٨٠٪
١٠ دقائق	٢٥	٢٤٥	٢٧٠	٩٪	٩١٪
٣٠ دقيقة	٢٠	١٧٥	٦٩٥	٣٪	٩٧٪
٦٠ دقيقة	١٥	١٢٠٠	١٢١٥	١٪	٩٩٪

٣/٥/٩ — تعويض مصـــادر الطاقة :

وفيما يتعلق بمخزون الطاقة المستنفذ خلال النشاط الرياضى فيشمل المخزون الفوسفاتى فى الخلايا العضلية وهو ATP - PC وكذلك الجليكوجين المخزون بكميات كبيرة فى العضـــلات وفى الكبد ولم تذكر هنـــا الدهـــون حيث أنها لا يعاد بناؤها خلال فترة الاستشفاء بطريقة مباشرة ولكنها تتكون بطريقـــة غـــير مباشرة خـــلال اعادة نقص الكربوهيـــدرات (الجلكوز والجليكوجين) .

١/٣/٥/٩ — تعويض مخزون الفوسفات : ATP - PC

دلت الدراسات على أن مخزون الفوسفات يتم تعويضه خلال مدة قصيرة تقدر بحوالى ٣ — ٥ دقائق وتتميز هذه الفترة بالسرعة فى بدايتها حيث تتم

تعويض ٧٠٪ من المخزون خلال اول ٣٠ ثانية ، ويرجع السبب فى اختلاف سرعة تعـويض مخزون الفوسـفات خـلال الجزء البـاقى من الزمن الى ان تعويض هـذا النقص يعتمـد على الاكسوجين وفى هـذه الحالة فان الأكسوجين بالاضافة الى مساهمته فى تعويض نقص الفوسفات يقوم بمهام اخرى مثل تعويض مخزون الاكسوجين المستهلك خلال الحمل البدنى الاقصى (٦ر. لتر اكسوجين) كما يحتاج استمرار نشاط القلب وعضلات التنفس الى ٥٠ ملليلتر اكسـوجين وبالاضـافة لذلك فان هنـاك جزء من الاكسوجين يحتاج اليه الجسم لزيادة درجة حرارة الأنسجة .

ويبلغ الحد الاقصى للدين الاكسوجينى بدون اللاكتيك ما بين ٢—٤ لتر للذكور غير المدربين بينما يزيد عن ذلك بالنسبة للاعبين المدربين وعلى سبيل المثال فقد سجل اكثر من ٦ لتر للاعبى التجديف ، ومما لا شك فيه أن لاعبى السرعة وبصفة خاصة العدو يحتاجون الى تنمية هذه القدرة اللاهوائية المرتبطة بالدين الاكسوجينى بدون اللاكتيك ويمكن للمدرب قيـاس ذلك بالطرق المبسطة عن طريق الوثبـة العمودية كما يمكن استخدام البرامج التدريبية لتنمية هـذه القدرة لدى اللاعبين والتى سـوف يتم مناقشتها فيما بعـد .

٢/٣/٥/٩ — تعويض مخزون جليكوجين العضلة :

يستغرق التعويض الكامل لمخزون الجليكوجين عدة أيام ويعتمد ذلك على عاملين اساسيين :

١ — نوع النشاط البدنى المتسبب فى استنفاذ الجليكوجين .

٢ — كمية المواد الكربوهيدراتية المستهلكة خلال فترة الاستشفاء .

يختلف استنفاذ الجليكوجين تبعـا لنوعين مختلفين من الانشـطة الرياضية .

٣/٣/٥/٩ — تعويض الجليكوجين بعد النشاط البدنى المستمر :

يشمل هذا النوع الانشطة التى تستمر فترة الاداء فيها لمدة ساعة او اكثر مثـل (السـباحة مسـافات طويلة — الجرى — الدراجات)

ويحتــاج اللاعب لتعويض الجليكوجين تنــاول وجبــات غذائيــة غنيــة بالكربوهيدرات لمدة تزيد عن يومين خلال فترة الاستشفاء ، وبدون ذلك فان تعويض الجليكوجين يتم بدرجة قليلة جدا بعد اليوم الخامس ، ويساعد تناول الكربوهيدرات على سرعة تعويض حوالى ٦٠٪ من مخزون الجليكوجين خلال ١٠ ساعات . ولهذه المعلومات قيمتها من الوجهة العملية حيث يجب ان يلاحظ المــدرب دائما المحافظــة على مستوى الجلكوجين وتعويضه اولا باول .

٩/٥/٣/٤ — تعويض الجليكوجين بعد النشاط البدنى المتقطــع ولفترة قصـــيرة :

يلاحظ مثل هذا فى تصنيات سباقات السباحة والعاب القوى والجمباز والمصارعة وكرة السلة ، فيتم تعويض كمية كبيرة من الجليكوجين خــلال ساعتان أثناء فترة الاستشفاء بدون تناول اى مواد غذائية ، ويتم تعويض الجزء الباقى خــلال ٢٤ ساعة .

٩/٥/٣/٥ — التخلص من حامض اللاكتيك فى الدم والعضلات :

من المعروف أن زيادة تجمــع حامض اللاكتيــك الناتج عن الجلكزة اللاهوائية يؤدى الى حدوث التعب ولذلك فان الاستشفاء الكامل من التعب يتم اذا ما تخلص الجسم من هذا الحامض الزائد فى العضلات وفى الدم .

وكل ما يهمنا معرفته هنــا هو سرعة التخلص من حامض اللاكتيك والعوامل التى تساعد على ذلك بالاضافة الى معرفة ماذا يحدث لحامض اللاكتيك ومدى علاقته بالدين الاكسوجينى اللاكتيكى .

وبالنسبة لسرعة التخلص من حامض اللاكتيــك فقــد دلت نتائج الدراسات أن مــدة ساعة تكفى لازالة معظم حامض اللاكتيك ، ويتطلب

التخلص من نصف مقدار حامض اللاكتيك المتجمع بعد التدريبات ذات الشدة القصوى ٢٥ دقيقة ، ويعنى ذلك ان التخلص من ٩٥٪ من حامض اللاكتيك يتم خلال ساعة وربع بعد اداء التدريبات ذات الشدة القصوى بينما يقل الزمن عن ذلك فى حالة انخفاض شدة اداء التدريبات .

ومن العوامل التى تزيد من سرعة التخلص من حامض اللاكتيك اداء تمرينات بدنية خفيفة خلال فترة الاستشفاء وتسمى هذه التمرينات « تمرينات التهدئة » أو « تمرينات الاستشفاء » ، وقد وجد ان افضل شدة لاداء هذه التمرينات حينما تكون عند مستوى ٥٠ — ٦٥٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين ، كما ان ذلك يرتبط بمستوى الحالة التدريبية للاعبين .

ويلاحظ أن زيادة أو نقص شدة تدريبات التهدئة عن المستوى المناسب يؤدى الى بطء عملية التخلص من حامض اللاكتيك .

وبالنسبة لمصير حامض اللاكتيك الذى يتم التخلص منه فهناك اربع طرق لذلك :

(ا) خروج حامض اللاكتيك مع البول والعرق :

ويتم ذلك بدرجة طفيفة جدا .

(ب) التحول الى جليكوز او جليكوجين :

ويحدث ذلك فى الكبد حيث يتحول حامض اللاكتيك الى جليكوجين وجلوكوز ، وفى العضلات يتحول الى جليكوجين للمساعدة فى الامداد بالطاقة مع ملاحظة أن عملية تحويل اللاكتيك الى جليكوجين تتم بصورة بطيئة بالمقارنة بعملية التخلص منه ولذا فان الكمية التى يتم تحويلها تمثل جزء بسيط من الكمية الكلية لحامض اللاكتيك .

(ج) تحول حامض اللاكتيك الى بروتين :

يمكن تحويل كمية قليلة جدا من حامض اللاكتيك الى بروتين مباشرة في الفترة الأولى للاستشفاء بعد التدريب .

(د) اكسدة حامض اللاكتيك :

وتحويله الى ثانى اكسيد الكربون والماء لاستخدامه كوقود لنظام انتاج الطاقة الهوائى ويتم معظم ذلك بواسطة العضلات الهيكلية الا ان انسجة عضلة القلب والمخ والكبد والكلى تشترك ايضا فى هذه الوظيفة .

ففى وجود الاكسوجين يتحول حامض اللاكتيك اولا الى حامض البيروفيك ثم الى ثانى اكسيد الكربون والماء من خلال دائرة كربس ونظام النقل الالكترونى على التوالى . ويمثل هذا الجزء الاكبر للتخلص من حامض اللاكتيك

ويختلف حجم الدين الاكسوجينى اللاكتيكى تبعا لشدة اداء التدريبات المستخدمة ، فكلما زادت شدة الاداء كلما زاد حجم الدين الاكسوجينى اللاكتيكى ، ويبلغ الحد الاقصى له ما بين ٥ — ١٠ لتر ، وزد بصفة خاصة لدى لاعبى سباقات السرعة ، وهذا بالتالى يعنى زيادة الدين اللاكتيكى عن غير اللاكتيكى الذى لا يزيد عادة عن ١ — ٢ لتر اكسوجين ، غير انه يتم استعادته اسرع من الدين اللاكتيكى .

٦/٣/٥/٩ — تعويض مخزون الاكسوجين فى الجسم :

يحتفظ جسم الانسان بكمية من الاكسوجين وبالرغم من صغر حجم هذه الكمية الا انها تستهلك اثناء اداء النشاط البدنى ، ويتم تعويضها خلال فترات الراحة . ويخزن الاكسوجين بصفة اساسية فى العضلات على شكل مركب كيميائى مع الميوجلوبين ، وهذا يشبه اتحاد الاكسوجين مع الهيموجلوبين فى الدم ، ويمكن اعتبار ان الميوجلوبين فى العضلة يشابه وظيفة الهيموجلوبين فى الدم ، وبذا فانه يقوم بتخزين الاكسوجين فى العضلة ، كما انه يعمل على تسهيل انتشار الاكسوجين من الدم الى الميتوكوندريا داخل الخلية العضلية .

وهذه الكمية من الاكسوجين المخزون فى الميوجلوبين تعد قليلة جدا فهى تمثل حوالى ١١ر٢ ملليلتر من الاكسوجين مخزونة فى الميوجلوبين لكل كيلو جرام من الكتلة العضلية ، وبناء على ذلك فاذا كان الانســـان الذى وزنه ٧٠ كيلو جرام يحتوى على ٣٠ كيلو جرام من وزنه عضــلات ، فان مخزون الاكسوجين فى الميوجلوبين لدى هذا الشـــخص يبلغ ٣٦٦ ملليلتر اكسوجين (٣٠ × ١١ر٢ = ملليلتر اكســـوجين) . ويزيد عن ذلك فى الرياضيين حيث يتميزون بزيادة الكتلة العضلية ، وقد يبلغ حجم اكسوجين الميوجلوبين عند ذلك حوالى ٥٠٠ ملليلتر ، وعموما فان هذا المخزون من الاكسوجين له اهميته فى النشـــاط البدنى الفترى نظرا لسرعة تعويض مخزونه خلال فترات الاستشفاء مما يسمح بتكرار استخدامه خلال فترات العمل .

ويمكن مما سبق تحديد الحد الادنى والحد الاقصى لفترات الراحـــة اللازمة للاستشفاء بعد اداء أنواع الأنشطة البدنية المختلفة ، ويوضح ذلك الجدول التالى :

جـــدول (٣٦)

أزمنة الاستشفاء بعد اداء التدريبات مرتفعة الشدة

عمليات الاستشفاء	فترات اعادة الاستشفاء	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى
اعادة مخزون العضلة :		
مخزون الفوسفات (ATP–PC)	٢ دقيقة	٥ دقائق
الدين الأكســـوجينى بدون اللاكتيك	٣ دقائق	٥ دقائق
تعويض جليكوجين العضلة	١٠ ساعات بعد النشاط المستمر	٤٦ ساعة
	٥ ساعات بعد النشاط المتقطــع	٢٤ ساعة
تعويض جليكوجين الكبد	غير معروف	١٢ — ٢٤ ساعة
التخلص من حامض اللاكتيك في الدم والعضلة	٣٠ دقيقـــة في حالة تمرينات التهدئة	١ ساعة
	١ ساعة في حالة الراحة	٢ ساعة
الدين الأكسوجينى اللاكتيكى	٣٠ دقيقـــة	١ ساعة
تعويض مخزون الأكسوجين	١٠ — ١٥ ثانية	١ دقيقة

٤/٥/٩ — الدين الأكســـوجينى كمقياس للقدرة اللاهوائيـــة

The Oxygen Debt :

الدين الأكسوجين هو اسم يطلق على كمية الأكسوجين التى تستهلك خلال فترة الاستشفاء ، وهذا الأكســـوجين يزيد عن حجم الأكســـوجين المســـتهلك أثناء الراحة ، وقد اســـتخدم هذا المصطلح لأول مرة عالم الفســـيولوجى الانجليزى هيل A.V. Hill عـــام ١٩٢٢ . وفكرة الدين الأكســوجين تعنى أن الأكســوجين المستهلك زيادة عن استهلاك الاكســوجين

العادى خلال فترة الاستشفاء يستخدم اساسا لاعادة مخزون الطاقة فى الجسم للحالة التى كان عليها قبل أداء النشاط البدنى مع التخلص من أى زيادة تكونت فى حامض اللاكتيك خلال النشاط البدنى ، ويعتقد البعض أن زيادة استهلاك الأكسوجين أثناء فترة الاستشفاء تحدث لرد الأكسوجين الذى تم استدانته من الجسم أثناء أداء النشاط البدنى وفى الحقيقة أن ذلك يحدث فعلا عند اداء النشاط البدنى الأقصى الا ان ذلك يمثل نسبة بسيطة تقدر بحوالى ٦ر. لتر اكسوجين يوجد متحدا مع الميوجلوبين فى العضلات كما يوجد فى الدم الوريدى ، بينما وجد ان الدين الأكسوجين للاعب خلال الانشطة البدنية ذات الشدة القصوى يزيد عن هذا الأكسوجين المخزون فى الجسم حوالى ٣٠ مرة .

وتفسيرا لذلك فلابد من فهم طبيعة العلاقة بين شدة حمل النشاط البدنى ومقدار الطاقة اللازمة لأداء هذا النشاط البدنى وكذلك حجم الأكسوجين المطلوب لانتاج هذه الطاقة ، وهناك نوعان من الأكسوجين المطلوب :

١ — الحجم الكلى للأكسوجين المطلوب لأداء النشاط البدنى كله .

٢ — حجم الأكسوجين المطلوب فى الدقيقة .

وكلما زادت شدة الحمل البدنى كلما زادت الحاجة الى زيادة حجم الأكسوجين المطلوب فى الدقيقة ، ومثال على ذلك فان جرى مسافة ٨٠٠ متر يؤدى بسرعة تزيد من سرعة جرى سباق الماراثون (٢ر٤٢ كيو متر) ؛ ولذا فان الفرق فى الأكسوجين المطلوب فى كلا الحالتين يختلف ، ففى الوقت الذى يزيد فيه حجم الأكسوجين المطلوب فى الدقيقة فى حالة الجرى ٨٠٠ متر حيث يبلغ ١٢ — ١٥ لتر / دقيقة ، فانهذا الحجم يقل عن ذلك فى سباق الماراثون ليكون حوالى ٣ — ٤ لتر / دقيقة ، الا أن سباق ٨٠٠ متر جرى لا يستمر لفترة زمنية طويلة ، لذا فان الصورة تنعكس فى حالة الأكسوجين الكلى الذى يزيد مع زيادة فترة العمل فيكون حوالى ٢٥ — ٣٠ لتر فى حالة الجرى ٨٠٠ متر ؛ بينما يزيد عن ذلك بكثير جدا فى حالة الماراثون حيث يبلغ ٤٥٠ — ٥٠٠ لتر .

وفى بعض الاحيان حينما تزيد شدة الحمل البدنى لدرجة عالية يبلغ حجم الاكسوجين المطلوب فى الدقيقة ١٥ — ٢٠ لتر / دقيقة ، الا أن جسم الانسان عادة لا يمكنه الوصول الى هذا المستوى فى استهلاك الأكسوجين حيث لا يزيد أقصى استهلاك للأكسوجين ٦ — ٧ لتر / دقيقة حتى بالنسبة للاعبى المستويات العليا . فما هو الحل ؟ هل يتوقف انتاج الطاقة فى هذه الحالة حينما يزيد الأكسوجين المطلوب عن أقصى قدرة لاستهلاك الجسم ؟ وللاجابة على هذا السؤال نتذكر أن الأكســــوجين مطلوب أساسا لاعادة بناء ATP المصدر المباشر للطاقة والمسئول عن الانقباض العضلى ، حيث يستخدم الاكسوجين مع الجلكوز لانتاج الطاقة ، الا أن الجلكوز كما سبق أن بينا يمكن أن يؤدى لانتاج طاقة لاعادة ATP بدون الأكسوجين فى حالة استخدام نظام حامض اللاكتيك (الجلكزة اللاهوائية) .

وكذلك يمكن انتاج طاقة لاهوائية بدون الأكسوجين بالاعتماد عــلى فوسفات الكرياتين (Pc) باســتخدام النظام الفوســفاتى ، وهذا يعنى امكانية استمرارية انتاج الطاقة بدون وجود الأكسوجين اعتمادا على النظام اللاهوائى وفى هذه الحالة يواجه الجسم زيادة فى تجميع حامض للاكتيك مع نقص فى مخزون فوسفات الكرياتين ، وبعد الانتهاء من النشاط البدنى يحتاج الجسم الى كمية اكسوجين تعادل الكمية التى كان يحتاج اليها أثناء النشاط البدنى ، ولم يتمكن من توفيرها ؛ وتســتخدم هذه الكمية لتخليص الجسم من نواتج الطاقة اللاهوائية التى استخدمت أثناء النشاط البدنى ، وذلك لاستعادة تكوين الفوسفات بواسطة الأكسوجين ولأكســدة حامض اللاكتيك الناتج عن الجلكزة اللاهوائية ، وفى هذه الحالة يزيد اســتهلاك الأكسوجين أثناء الراحة بعد اداء الحمل البدنى عنه أثناء الراحة قبل الأداء وهذه الزيادة هى ما تسمى بالدين الأكسوجينى ، وبهذا أيضا يمكن القول أن الدين الأكسوجينى هو الفرق بين الأكسوجين المطلوب لأداء العمــل وحجم الأكسوجين الذى أمكن بالفعل استهلاكه أثناء الأداء تدريجيا ليبلغ المستوى الذى كان عليه وقت الراحة ٢٠٠ — ٣٠٠ ملليلتر / دقيقة ، الا أن ذلك لا يتم بصورة سريعة ، ولكنه يســـتمر من عدة دقائق الى عدة ساعات . كما أن الدين الأكسوجينى يظهر احيانا أثناء الأداء حينما تنخفض

شدة الحمل البدنى لمستوى اقل من مستوى الاكسوجين المستهلك فيذهب الفرق فى الأكسوجين المستهلك لتعويض عجز الأكسوجين ، ويحدث ذلك أثناء فترات التوقف خلال مباريات كرة القدم مثلا وغيرها .

وتقاس قدرة الفرد اللاهوائية القصوى بقدرة الجسم على العمل مع عدم كفاية الأكسوجين ، وتقاس بمقدار الحد الاقصى للدين الأكسوجينى ، وعادة ما تتم هذه القياسات فى الظروف الضيقة لممارسة النشاط الرياضى فى الملاعب الرياضية وحمامات السباحة حيث يطلب من اللاعب تكرار اداء مسافات قصيرة بأقصى سرعة مع تقليل فترات الراحة البينية فى كل مرة ، ومثال على ذلك تحديد القدرة اللاهوائية للسباحين ، يقوم السباح بقطع مسافة ٤ × ٥٠ متر بأقصى سرعة براحة بينية ٤٥ — ٣٠ — ١٥ ثانية ، ويجمع هواء الزفير بعد آخر ٥٠ متر ويتم تحليله لتحديد كمية الأكسوجين المستهلكة أثناء فترة استعادة الاستشفاء وهو ما يعبر عن الدين الأكسوجينى ، وعادة لا يزيد الحد الأقصى للدين الأكسوجينى لدى غير الرياضيين عن ٤ — ٧ لتر / دقيقة ، بينما يمكن أن يزيد عن ٢٠ — ٢٢ لتر / دقيقة لدى الرياضيين ذوى المستويات العليا ، وترتبط القدرة اللاهوائية القصوى بنتيجة قطع المسافات القصيرة بأقصى سرعة حيث يبلغ مقدار الدين الاكسوجينى لمسافة ٥٠ متر سباحة ٧١٫٨٪ ولمسافة ٢٠٠ متر سباحة ٦٣٫٣٪ و ٤٠٠ متر سباحة ٤٩٫١٪ ، وهكذا يلاحظ أن مساهمة الدين الأكسوجين تقل مع زيادة طول المسافة . ويحتاج لاعبى العدو لتحقيق المستويات العليا الى زيادة القدرة اللاهوائية القصوى ، ويتضح من المثال التالى لكى يعدو اللاعب ٤٠٠ متر فى زمن ٤٤ ثانية فان سرعته تكون ٩ متر/ثانية ، ولكى يعدو بمثل هذه السرعة فانه يحتاج الى حجم اكسوجين مقداره ٣٧ لتر/دقيقة ، وبما أن زمن العدو ٤٠٠ متر أقل من الدقيقة اذن فان الأكسوجين الكلى المطلوب لقطع هذه المسافة يبلغ ٢٨ لتر فى ٤٤ ثانية ، ولا يستطيع اللاعب خلال هذه الفترة الزمنية القصيرة استهلاك أكثر من ٣ لتر / ٤٤ ثانية ، لذلك فان عجز الأكسوجين = ٢٨ — ٣ = ٢٥ لتر ، ونظرا لعدم قدرة اللاعب على توفير هذه الكمية من الأكسوجين للعضلات فانه يعتمد على العمليات اللاهوائية لانتاج

الطاقة ، وبذلك فان حجم الدين الاكسوجيني الذى يعوضه هذا اللاعب بعد عدو ٤٠٠ متر فى زمن ٤٤ ثانية يبلغ ٢٥ لتر .

وينقسم الدين الاكسوجيني الى قسمين احدهما يتم فيه استعادة تكوين مصادر الطاقة الفوسفاتية التى استنفذت والآخر يتم فيه التخلص من حامض اللاكتيك ، ولذلك يسمى القسم الأول الدين الاكسوجيني بدون اللاكتيك alactacid oxygen Debt والآخر يسمى الدين الأكسوجيني لحامض اللاكتيك Lactacid oxygen Debt ، ويلاحظ أن سرعة استهلاك الأكسوجين خلال فترة الاستشفاء لا تظل على مستوى ثابت بل إنها فى أول ٢ — ٣ دقائق تنخفض بدرجة كبيرة جدا ثم بعد ذلك تنخفض تدريجيا حتى تصل الى مستوى ثابت ، ويسمى الجزء الأول سريع الانخفاض فى استهلاك الأكسوجين بالدين الاكسوجيني بدون حامض اللاكتيك ، بينما يسمى الجزء الأبطء بالدين الأكسوجيني لحامض اللاكتيك ، وقد اطلقت هذه التسمية نظرا لأن الجزء الأول من الدين الاكسوجيني يمكن أن يتم بدون وجود حامض اللاكتيك ويكون الهدف منه تعويض مصادر الطاقة الفوسفاتية بينما الجزء الثانى وهو الأطول فترة والمرتبط بوجود حامض اللاكتيك نتيجة الجلكزة اللاهوائية

٥/٥/٩ — الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين كمقياس للقدرة الهوائية :

تعتمد العمليات البوكيميائية لانتاج الطاقة الهوائية على وجود الأكسوجين ، فهو يعتبر عاملا أساسيا فى انتاج الطاقة الهوائية عند استهلاك الكربوهيدرات والدهون كمصدرا للطاقة ، وتعتبر كفاءة الجسم فى استهلاك الأكسوجين من القدرات الهامة التى يتطلبها النشاط البدنى الذى يتطلب تحمل الأداء لفترة طويلة ، حيث أن استهلاك الأكسوجين بكفاءة يعنى كفاءة انتاج الطاقة ، وبالتالى يتوفر للجسم فرص الأداء البدنى بكفاءة وفاعلية أكبر وتسمى القدرة الهوائية وتقاس بأقصى كمية إكسوجين يستطيع الجسم استهلاكها فى وحدة زمنية ، وهذا ما يطلق عليه الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين ، ولسهولة فهم ذلك فان الأمر يتطلب

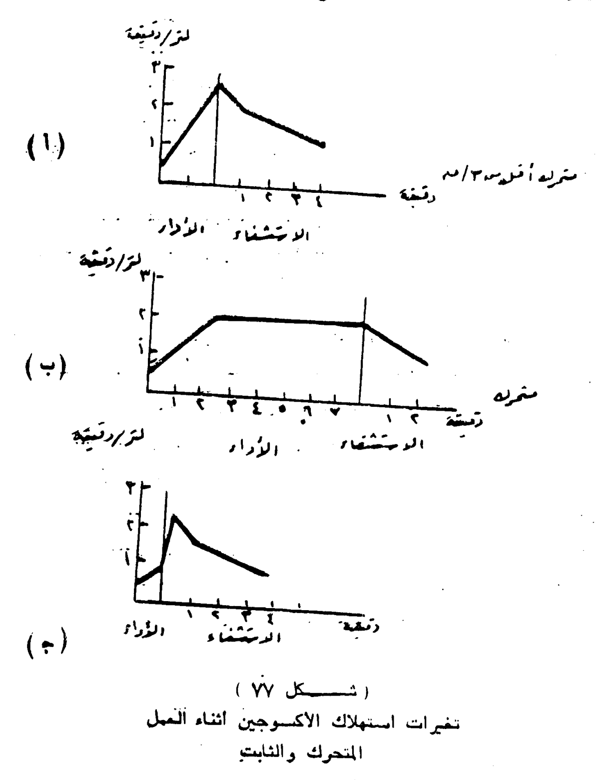
مناقشة كيفية استهلاك الاكسوجين فى الانسجة فى اثناء الراحة ، وكذلك اثناء المجهود البدنى مع اختلاف درجاته .

يحمل الدم الشريانى الاكسوجين الى الانسجة التى تستهلك منه جزء ويخرج الباقى من الاكسوجين مع الدم الوريدى ، ولذا فان الدم الوريدى يحمل أيضا كمية من الاكسوجين بالرغم من مروره على أنسجة الجسم ، الا أن هذه الانسجة لم تستهلك كل كمية الاكسوجين التى يحملها الدم ، وبهذا فان الاكسوجين المستهلك هو عبارة عن الفرق بين حجم الاكسوجين الشريانى وحجم الاكسوجين الوريدى . ومثال على ذلك فان الدم الشريانى يحتوى على ١٨ — ١٩ ملليلتر اكسوجين لكل ١٠٠ ملليلتر دم ، بينما يحتوى الدم الوريدى على ١٢ — ١٤ ملليلتر ، وبذلك فان الاكسوجين المستهلك يبلغ حوالى ٦ ملليلتر وهو الفرق بين الاكسوجين الشريانى والوريدى ، وبالطبع فان الانسجة اثناء العمل العضلى تحتاج الى استهلاك كمية اكسوجين اكثر ،وبذلك فان هذا الفرق يبلغ ١٥ — ١٧ ملليلتر ، واذا امكن تحديد حجم الدم السارى فى الدورة الدموية فى الدقيقة يمكن حساب استهلاك الاكسوجين فى الدقيقة ، فاذا كان استهلاك الاكسوجين فى الراحة عبارة عن ٦ ملليلتر لكل ١٠٠ ملليلتر دم ، واذا كان حجم الدم الكلى للجسم يبلغ ٤ لتر (٤٠٠٠ ملليلتر) وهو حجم الدفع القلبى فى الدقيقة . فانه يمكن حساب استهلاك الاكسوجين فى الدقيقة وفقا للعملية الحسابية التالية :

$$\text{استهلاك الاكسوجين} = \frac{٦ \times ٤٠٠٠}{١٠٠} = ٢٤٠ \text{ ملليلتر اكسوجين / دقيقة}$$

ويستهلك الجسم اثناء الراحة عادة ٢٠٠ — ٣٠٠ ملليلتر اكسوجين/ دقيقة ، ويزيد ذلك اثناء النشاط البدنى حيث يزيد حجم الدفع القلبى ، وكذلك فرق الاكسوجين الشريانى الوريدى ، مما يؤدى الى زيادة استهلاك الاكسوجين ، واذا استمر النشاط البدنى لفترة أقل من ٢ — ٣ دقائق مع ارتفاع شدته فان استهلاك الاكسوجين يزيد تدريجيا بصفة مستمرة من بداية العمل حتى نهايته ، ويبدأ فى الانخفاض فقط بعد التوقف عن العمل

شكل (٧٧ ـ أ) واذا استمر الاداء بطريقة منتظمة فيزداد استهلاك الأكسوجين خلال الدقائق الأولى حتى يصل الى مستوى معين ويبقى ثابتا عند هذا المستوى خلال العمل وهذا ما يسمى « الحالة الثابتة » ويقل استهلاك الأكسوجين عند الانتهاء من العمل (شكل ٧٧ـب) وهناك نوعا آخر من العمل العضلى الذى لا يزيد فيه استهلاك الأكسوجين تدريجيا بالرغم من زيادة شدة هذا العمل مثل (رفع الأثقال ـ الأوضاع الثابتة فى الجمباز



(شكل ٧٧)
تغيرات استهلاك الأكسوجين اثناء العمل
المتحرك والثابت

مثل وضع التعلق على الحلق)وفى هذه الحالة لا يزيد مستوى استهلاك الاكسوجين أثناء الاداء عنه أثناء العمل ولكنه يزيد بدرجة كبيرة بعد الانتهاء من العمل (شكل ٧٧ — جـ) .

وهناك حد معين لاستهلاك الاكسوجين لا يمكن أن يزيد عنه الانسان ويختلف هذا الحد من انسان لآخر تبعا لنوع التدريب الرياضى الذى يمارسه ، ولكى يبلغ الشخص الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين فان العمل البدنى يجب أن يستمر لفترة أكثر من ثلاث دقائق ، ويبلغ الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين لدى غير الرياضيين ما بين ٥ر٢ — ٣ لتر/دقيقة ، بينما يبلغ لدى لاعبى التحمل حوالى ٦ لتر / دقيقة ، وعادة يرتبط مقدار الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين بمقاييس الجسم ، حيث يتم تحديد نسبة الاكسوجين لكل كيلو جرام من وزن الجسم ويبلغ الحد الأقصى للاستهلاك الاكسوجينى النسبى لغير الرياضيين ٤٠ ملليلتر/دقيقة/ لكل كيلو جرام ، بينما يبلغ بالنسبة للرياضيين ٨٠ — ٩٠ ملليلتر/دقيقة/ كجم .

ويعتبر الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين هو قدرة الانسان على اداء عمل عضلى اعتمادا على استهلاك الاكسوجين أثناء العمل مباشرة ، وترتبط النتائج الرياضية فى الجرى مسافات طويلة والانزلاق والسباحة والدراجات بحوالى ٦٠ — ٨٠٪ على القدرة الهوائية ، ولا يمكن ان يصبح لاعب الجرى ٥٠٠٠ — ١٠٫٠٠٠ متر بطلا دوليا اذا قل الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين لديه عن ٦ لتر /دقيقة ، لذا فان تنمية الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين تعد من اهم واجبات المدرب ، وقد دلت نتائج بعض الدراسات أن زيادة الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين النسبى ١ ملليلتر يؤدى الى تقليل زمن الجرى ٥٠٠٠ متر ٥ر٣ ثانية

ويعتبر الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين مؤشرا لكثير من الوظائف الفسيولوجية والتى تتلخص فيما يلى :

(أ) كفاءة الجهاز الدورى والتنفسى فى توصيل هواء الشهيق الى الدم .

(ب) كفاءة عمليات توصيل الاكسوجين الى الانسجة ويرتبط ذلك بحجم الدم وعدد الكرات الحمراء وتركيز الهيموجلوبين ومقدرة الاوعية الدموية على تحويل سريان الدم من الانسجة غير العاملة الى العضلات العاملة .

(جـ) كفاءة العضلات فى استهلاك الاكسوجين اى كفاءة عمليات التمثيل الغذائى وانتاج الطاقة .

ومثال على ذلك فان تحقيق ٦ — ٥ر٦ لتر اكسوجين / دقيقة يتطلب أن تكون التهوية الرئوية ١٥٠ لتر / دقيقة وان تكون سعة الدم الأكسوجينية ٢٠ — ٢٥ ملليلتر اكسوجين لكل ١٠٠ ملليلتر دم ، وان يبلغ فرق الأكسوجين الشرياني الوريدى ١٦ — ١٧ ملليلتر اكسوجين لكل ١٠٠ ملليلتر دم ويكون الدفع القلبى ٣٣ — ٣٥ لتر/دقيقة .

ويتميز لاعبى المستويات العليا بزيادة الحد الاقصى لاستهلاك الأكسوجين ، وعلى سبيل المثال يبلغ الحد النسبى للسباحين ٩ر٧٣ ملليلتر/كجم ، وللاعبى الدراجات ٧ر٧١ ملليلتر/كجم ، وللاعبى الانزلاق ٥ر٨١ ملليلتر/كجم .

ويتم عادة تحديد الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين فى المعامل باستخدام الحمل البدنى على الدراجة الثابتة او السير المتحرك مع زيادة المقاومة تدريجيا ، وتبعا لذلك يزيد استهلاك الاكسوجين حتى يصل الى الحالة الثابتة حينما تزيد المقاومة ولا يزيد استهلاك الاكسوجين .

جـــــدول (٣٧)

الحد الاقصى لاستهلاك الأكسوجين لدى لاعبى ولاعبات التخصصات المختلفة (المطلق والنسبى)

الذكـــــور			الانـــــاث		
التخصص	المطلق (لتر)	النسبى (ملليلتر)	التخصص	المطلق	النسبى
انزلاق	٥ر٦	٨٣	انزلاق	٣ر٨	٦٤
جرى مسافات طويلة	٤ر٨	٧٩	عدو ٤٠٠ — ٨٠٠ متر	٣ر١	٠٠
جرى ٨٠٠ و ١٥٠٠ متر	٥ر٤	٧٥	سباحة	٣ر٢	٥٦
دراجات	٥ر٢	٧٤	سـلاح	٢ر٤	٤٣
عدو ٤٠٠ متر	٤ر٩	٦٧	غير رياضيات	٢ر٢	٣٩
سباحة	٥ر—	٦٦			
سلاح	٤ر٢	٥٩			
رفع أثقال	٤ر٥	٥٦			
غير رياضيين	٣ر١	٤٤			

كما يمكن اســتخدام طرق اخرى لتحديد الحد الأقصى لاســتهلاك الأكسوجين باستخدام الحمل الأقل من الاقصى ، وذلك بتحديد معدل سرعة القلب وشدة الحمل ومن خلال جداول أو نوموجرامات خاصة يحدد الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين وفى هذه الحالة يؤدى الحمل البدنى عــلى جهاز الدراجة الثابتة او باستخدام اختبار الخطوة بسرعة ٢٢ر٥ خطوة / دقيقة ، على أن يكون ارتفاع المقعد للرجال ٤٠ سم وللسيدات ٣٣ ســم ويستمر الأداء لمدة ٥ دقائق ويحدد معدل سرعة القلب فى آخر الدقيقـــة الخامســة .

وفي الواقع العملي لا يصل اللاعب عادة خلال النشـــاط البدني في الملعب الا الى ٩٠ — ٩٥٪ من الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين ، كمـا ان اللاعب لا يستطيع الاستمرار في الاداء عند هذ المستوى لمدة أطول من ١٠ — ١٥ دقيقة ، ويمكن للمدرب الاستفادة من العلاقة بين معدل سرعة لقلب والحد الأقصى لاستهلاك الاكســـوجين ، وقد ثبت ان الحمل البدنى المناسب للارتفاع بمستوى القدرة الهوائية هو الذي يؤدي الى رفع معدل القلب حتى ١٥٠ — ١٨٠ ضربة/دقيقة .

ويمكن للمدرب الاسترشاد بالجدول (٣٨) عند تقويم حمل التدريب وعلاقته بالحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين .

جـــدول (٣٨)

النسب المئوية لاستهلاك الاكسوجين ومعدل القلب

سرعـة الأداء	النسب المئوية لاستهلاك الأكسوجين	معدل القلب ضربة/دقيقة
أسرع من المنافسة :		
٧ — ١٠٪	٩٠ — ١٠٠	اكثر من ١٨٠
سرعة المنافسة	٧٥ — ٨٥	١٦٥ — ١٧٥
اقل من سرعة المنافسة		
بـ ١٠ — ١٥٪	٧٠ — ٧٥	١٥٠ — ١٦٠
بـ ٢٠ — ٢٥٪	٦٠ — ٧٠	١٤٠ — ١٥٠

٦/٥/٩ — العتبة الفارقة اللاهوائية Anaerobic Threshold :

يطلق مصطلح العتبة الفارقة اللاهوائية (AT)على مستوى شـدة

الحمل البدنى الذى يزيد عندها معدل انتقال حامض اللاكتيك من العضلات الى الدم بدرجة تزيد عن معدل التخلص منه فى الدم (Malischo, 1982)

ويعرفها ماثيوس وفوكس بأنها شـــدة الحمـــل او اســـتهلاك الاكسوجين مع زيادة سرعة التمثيل الغذائى اللاهوائى .

بينما يعرفها لامب ١٩٨٤ بأنها النقطة العليا لانكسار التهوية الرئوية Upward Breaking. Point Veintiation

وفى تعريف آخر للامب انها مستوى الحمل البدنى الذى يزيد عنـــده انتاج الطاقة اللاهوائى من خلال نظام حامض اللاكتيك لزيادة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم .

ومن التعاريف السابقة يلاحظ أن تسمية هذه الحالة بالعتبة الفارقة اللاهوائية تعتبر تسمية غير دقيقة حيث ان انتاج الطاقة اللاهوائى يتم قبل الوصول الى العتبة الفارقة اللاهوائية، ولذلك فان معظم الباحثين يميلون الى اســـتخدام مصطلح آخر وهو « نقطة » انكســـــار التهوية الرئوية Ventiltion Breaking Point او « لحظة تجميـــع حامض اللاكتيك » Onest Blood Lactic Acid Accumulation

. ومما سبق يمكن القول ان العتبة الفارقة اللاهوائية هى حالة معينة يصـــل اليها اللاعب اثنـــاء الاداء الرياضى ، ولهذه الحالة مواصـــــفات فسيولوجية خاصة ، وكذا لها علاقة بنظم انتاج الطاقة وكفاءة الجســـم فى هذه العمليات ، وبصفة خاصـــة فى العلاقة بين تكوين حامض اللاكتيك وسرعة التخلص منه والحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين ، وكذا التهوية الرئوية حيث يصل اللاعب الى هذه الحالة ، عندما تزيد سرعة انتـــاج حامض اللاكتيك اكثر من سرعة التغلب عليه والتخلص منه فى الدم ، ومن هذا يمكن الفهم ان العوامل التى تســـاعد على التخلص من زيادة حامض اللاكتيك فى الدم تساعد فى تأخير الوصول الى العتبة الفارقة اللاهوائيـــة وهذه العوامل هى :

(أ) زيادة فاعلية التمثيل الغذائى الهوائى للعضلات مما يقلل من الحاجة الى التمثيل الغذائى اللاهوائى .

(ب) التمثيل الغذائى لحامض اللاكتيك فى العضلات العاملة .

(جـ) انتشار حامض اللاكتيك خلال الياف العضلات غير العاملة .

(د) التخلص من حامض اللاكتيك بواسطة القلب والكبد والعضـــــلات الأخرى بسرعة لمواجهة سرعة تكوينه .

ويرتبط ظهور العتبة الفارقة بالحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين ، حيث يمكن استخدام النسب المئوية الاقل من الحد الاقصى لاســـــتهلاك الاكسوجين كمستويات يتحدد بها نقطة ظهور العتبة الفارقة اللاهوائية ، وبذلك فانها تظهر متأخرة لدى اللاعبين المدربين على درجة عالية ، حيث يبدأ ظهورها عندما يصل استهلاك الاكسوجين الى حوالى ٨٥ — ٩٠٪ من الحد الاقصى ، بينما تظهر مبكرا عن ذلك لدى غير المدربين حيث تظهر عند مستوى ٥٠ — ٦٠٪ من الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين ، وتظهر لدى لاعبى الأنشطة الرياضية التى تعتمد على السرعة او القوة بمستوى اقل من لاعبى التحمل حيث تظهر لديهم عند مستوى ٧٠ — ٧٥٪ من الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين .

ويرجع الســـــبب فى الفرق بين لاعبى التحمـــل ولاعبى السرعة الى اختلاف نسبة الالياف البطيئة والسريعة لدى كل منهم حيث تنتج الاليـــاف البطيئة كمية اقل من حامض اللاكتيك ، وهذا النوع من الالياف هو النوع الذى تغلب نســــــبته لدى لاعبى التحمل ، وبذلك يقــل انتاجهم لحامض اللاكتيك .

وبناء على ما سبق ، فان التحمل الهوائى لا يعتمد فقط على الحـــد الاقصى لاســـــتهلاك الاكســـــوجين حيث أن هذا العامل لا يعتبر هو العامل المميز بين اللاعبين ذوى المســــــتويات العليا والمتقـــاربة فى الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين ، وبذا يصبح مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية هو العامل المميز بينهم ، حيث يستمر فى الاداء لمدة اطول وبدرجـــة اعلى من

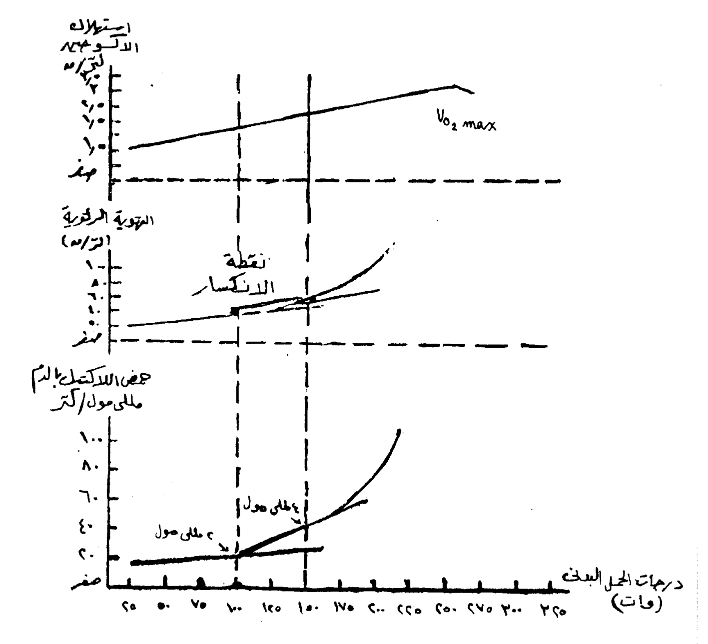
الكفاءة اللاعب الذى تزيد لديه العتبة الفارقة اللاهوائية اذا ما تساوى مع غيره فى مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين ، وعلى سبيل المثال اذا كان هناك سباحان يتساويان فى مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين (٥ لتر / دقيقة لكل منهما) فى حالة قيام السباحان بالسباحة بسرعة تتطلب استخدام ٨٥٪ من أقصى حد لاستهلاك الأكسوجين ، فان السباح الذى تزيد لديه العتبة الفارقة اللاهوائية يستطيع المحافظة على مستوى سرعة سباحته لوقت أطول نظرا لقلة تجمع حامض اللاكتيك ، بينما تزيد الحمضية لدى السباح الآخر الذى يقل مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية لديه ، لأنه ينتج حامض لاكتيك بصورة اكبر من كفاءة عمليات التخلص منه ، اى يصل اسرع الى العتبة الفارقة اللاهوائية ، ومن هذا المنطلق فان تنمية العتبة الفارقة اللاهوائية تعد اكثر اهمية من تنمية الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين ، وتلاحظ هذه الحقيقة لدى لاعب الماراثون ديرك كلايتون Derek Clayton حيث يقل مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين لديه عن منافسيه ، الا أن العتبة الفارقة اللاهوائية لديه تزيد عنهم حيث تبلغ ٩٠٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين ، ولذلك فانه يجرى عند مستوى عال من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين دون زيادة فى تجميع حامض اللاكتيك .

وترجع اسباب الربط بين العتبة الفارقة اللاهوائية والتهوية الرئوية الى العلاقة التى تربط استهلاك الاكسوجين والتهوية ، حيث تحدث زيادة متماثلة فى استهلاك الاكسوجين والتهوية الرئوية أثناء اداء الحمل البدنى حتى يصل معدل القلب الى ١٥٠ ضربة/دقيقة فتزيد التهوية الرئوية عند هذا المستوى بدرجة تفوق زيادة استهلاك الاكسوجين ، وهذه النقطة تسمى نقطة انكسار التهوية الرئوية الأولى ، وهى تكون عندما يبلغ استهلاك الاكسوجين حوالى ٤٠ — ٦٠٪ من الحد الأقصى . ويصاحب ذلك زيادة فى تركيز حامض اللاكتيك فى الدم ليصل الى ٢ مللى مول* لكل لتر (١٨ مللیجرام ٪) الا أن هذه النقطة الأولى لا تعتبر العتبة الفارقة

---

* واحد مللى مول لكل لتر من حامض اللاكتيك = ٩ مللیجرام ٪ (لكل ١٠٠ مللیلتر) .

اللاهوائية ، ثم تتكرر مرة ثانية هذه النقطة عن العلاقة بين زيادة استهلاك الأكسوجين وزيادة التهوية الرئوية عندما يبلغ معدل القلب ١٧٠ — ١٩٠ ضربة / دقيقة ، وعند ذلك يكون استهلاك الأكسوجين عند مستوى ٦٥ — ٩٠٪ ومستوى تركيز حامض اللاكتيك فى الدم يبلغ ٤ ملى مول/لتر اى ٣٦ ملليجرام ٪ وهنا اتفق الباحثون على اعتبار هذه النقطة مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية .



(شـــــكل ٧٨)

استهلاك الأكسوجين والتهوية الرئوية وحامض اللاكتيك بالدم فى نقطة انكســـار التهوية الرئوية أو العتبة الفارقة اللاهوائية

(عن : لامب ١٩٨٤ Lamb)

ويمكن تنمية العتبة الفارقة اللاهوائية باستخدام الاحمال البدنية ذات الشدة من ٧٥ — ٨٥٪ مع معدل القلب ١٤٠ — ١٥٠ ضربة/دقيقة فى بداية الموسم التدريبى ، ثم تزداد تدريجيا حتى تصل فى نهاية الموسم التدريبى شدة الحمل الى ٨٥ — ٩٠٪ ومعدل القلب ١٥٠ — ١٧٠ ضربة / دقيقة .

ويوضح الجدول (٣٩) العلاقة بين معدل القلب ونظم انتاج الطاقة والنسبة المئوية للحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين وارتباط ذلك بنقطة انكسار التهوية الرئوية الأولى والثانية « العتبة الفارقة اللاهوائية » وارتباط هذه التغيرات المختلفة بمقدار تركيز حامض للاكتيك بالدم .

جـــدول (٣٩)

العلاقة بين معدل القلب والحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين وبعض المؤشرات الفســيولوجية

معدل القلب ضربة/دقيقة	تركيز اللاكتيك فى الدم ملليجرام ٪	نظام الطاقة	الحد الاقصى للاكسوجين ٪	المؤشرات الفسيولوجية
اقل من ١٠٠	١٠	هوائى		حالة الراحــــة
١١٠			٢٠٪	حمل هوائى منخفض
١٢٠			٣٠٪	
١٣٠			٤٠٪	
١٤٠	٢٢		٥٠٪	نقطة انكسار التهوية
١٥٠			٦٠٪	الرئوية الاولى
١٦٠		**هوائى**	٧٠٪	
١٧٠		لاهوائى	٨٠٪	نقطة انكسار التهوية
١٨٠	٣٦	لاهوائى	٩٠٪	الرئوية الثانيــة
١٩٠	٨٠ — ١٠٠	لاهوائى	١٠٠٪	نقطة العتبـــة
				الفارقة اللاهوائية
٢٠٠	اكثر من ١٠٠	لاهوائى		حمــل لاهوائى
				مرتفع الشـــدة

الفصل العاشر

١٠ ــ اجهزة الاخراج والتوازن الحرارى

١/١٠ ــ وظائف الاخراج .
١/١/١٠ ــ مقـــدمة .
٢/١/١٠ ــ الـكلى .
٣/١/١٠ ــ الغدد العرقية .
٤/١/١٠ ــ أجهزة الاخراج والتدريب الرياضى .
١/٤/١/١٠ ــ مظاهر الكلى الرياضية .
٢/١٠ ــ التوازن الحرارى .
١/٢/١٠ ــ مقـــدمة .
٢/٢/١٠ ــ اختلاف نوعية درجة حرارة اجسام الكائنات الحية .
٣/٢/١٠ ــ درجة حرارة الجسم الداخلية والخارجية .
٤/٢/١٠ ــ الانتقال الحرارى .
٥/٢/١٠ ــ فسيولوجية التحكم فى الانتقال الحرارى .
٦/٢/١٠ ــ التوازن الحرارى والتدريب الرياضى .
١/٦/٢/١٠ ــ تنظيم درجة حرارة الجســـم فى الجو البارد والجاف .
١/٦/٢/١٠ ــ التدريب الرياضى فى الجو البارد .
٣/٦/٢/١٠ ــ التدريب الرياضى فى حالة الجـــو الحـــار والرطوبة .
٤/٦/٢/١٠ ــ وظائف الجهاز الدورى ودرجة الحرارة .
٥/٦/٢/١٠ ــ سوائل الجسم ودرجة الحرارة .
٦/٦/٢/١٠ ــ قياس التأثير الحرارى على الجسم .
٧/٦/٢/١٠ ــ التكيف للأداء فى الجو الحار .
٨/٦/٢/١٠ ــ اصابات الحرارة .

١٠ – اجهزة الاخراج والتوازن الحرارى

١/١٠ – وظـائف الاخـــــراج

١/١/١٠ – مقـــدمة :

يتطلب المحافظة على حالة الاستقرار التجانسى للجســـم وتنظيم العلاقة بين البيئة الداخلية للجسم والبيئة الخارجية استمرار تناول الجسم للمواد الغذائية من البيئة الخارجية واخراج المخلفات النهائية للتمثيـــل الغذائى ، وكذلك مخلفات أى عقاقير يتناولها الانسان .

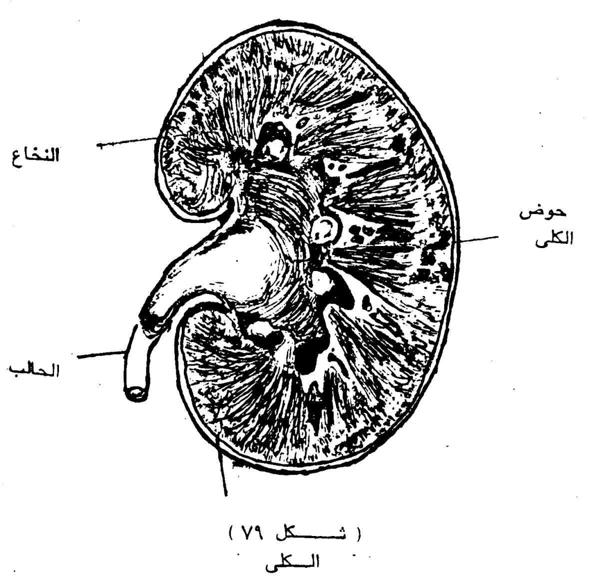
ويقوم بالوظيفة الاخراجية العديد من أجهزة الجسم مثل الامعاء التى تطرد ما بها من بقايا المواد الغذائية والعصارات الهضمية ليتخلص الجسم منها عن طريق الشرج ، وكذلك من خلال الجهاز التنفسى حيث يقوم بمهمة التخلص من ثانى أكسيد الكربون وحامض الكربونيك وغيرهما . ومن بين أعضاء الاخراج تقوم الغدد اللبنية باخراج اللبن اللازم لرضاعة الأطفـــال والغدد الدهنية التى تفرز طبقة من الدهن على الجلد لحمايته . والغـــدد الدمعية تقوم بافراز الدموع . وتعتبر وظائف الكلى والغـــدد العرقية من أهم الوظائف الاخراجية الهامة لتخليص الجسم من مخلفات التمثيل الغذائى وباقى العقاقير وغيرها .

٢/١/١٠ – الـكلى :

تتميز الكلى بدورها الهام فى التخلص من مخلفات الجسم وخاصـــــة أثناء النشاط الرياضى ، لذا فان التركيز هنا ســـيكون اساسا على هذا العضو من بين أعضاء الاخراج الأخرى .

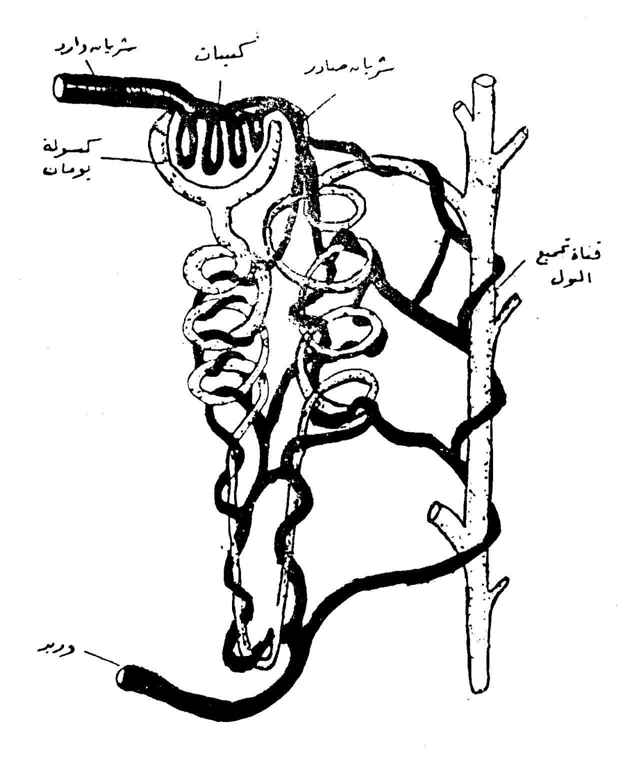
ولكل انسان كليتان توجدان داخل التجويف البطنى وحـــول العمود الفقرى من الخلف يحيط بكل منها بعض الدهن الذى يساعد على تثبيتهما فى موضعهما وحمايتهما ، ويبلغ طول الكلية حوالى ١١ سم وعرضها ٥ ســم وسمكها ٢,٥ سم وتزن كل واحدة حوالى ١٥٠ جراما وتوجد أعلى كل كلية الغدة الكظرية . ويتصل بالكلى الشريان الكلوى الذى يحمل اليها الدم ،

كما ينقل الدم منها الى القلب الوريد الكلوى ويتصل بكل كلية الحالب وهو انبوبة صـــــغيرة تقوم بنقل البول من الكلى الى المثانة التى حينما تمتلىء بالبول ويشعر الانســـــان بذلك فيتم انتقال البول بارتخاء عضلة صغيرة تسمح بمرور البول خارج المثانة الى قناة مجرى البول ، واذا نظرنا الى قطاع طولى من الكلى يلاحظ انها تتكون من غطاء خارجى يحيط بما يسمى بقشرة الكلية التى تحيط بنخاع الكلية ثم منطقة أخرى عبـــــارة عن فراغ مجوف وتسمى حوض الكلية يسرى البول من جميع أجزاء الكلى الى هذه المنقة قبل انتقاله الى الحالب والمثانة (شكل ٧٩) .



(شـــكل ٧٩)
الـــكلى

وبالرغم من ان الكلى تشكل حوالى ٥ر٠٪ من وزن الجسم ، الا أنها تستهلك كمية تبدو كبيرة نســـبيا من الأكســـوجين حوالى ٩٪ من حجم الأكسوجين الذى يستهلكه كل الجســـم ، وتتميز الكلى بأن الجزء الأكبر



(شــــكل ٨٠)

الوحدة الكلوية (النيفرون)

منها يبقى فى حالة احتياطية ، بينما يقوم بالعمل الجزء الأصغر منها ، وهذا ما يفسر امكانية ان يعيش الانسان ولديه كلية واحدة فقط .

وتعتبر النيفرونات nephrons هى اهم وحدات وظيفية للكلى وهى توجد فى قشرة الكلى ، ويتكون كل نيفرون من كرة مالبيجى التى تتكون اساسا من مجموعة الشعيرات الدموية الصغيرة التى تسمى الكبيبه الكلوية ويحيط بهما طبقتان من الخلايا الرقيقة تسمى كبسولة بومان Bowman's Capsule ثم الانبوبة الكلوية التى توصل بين كرة مالبيجى والانبوبة الجامعة Collecting tubule . وفى كل كلية ما يزيد عن المليون من هذه الوحدات (شكل ٨٠) .

وتعتبر كبسولة بومان جزءا من الانبوبة الكلوية الا أنها تنسب عادة للكبيبات الكلوية لاتصالها بها . وتنتهى الوظيفة الاخراجية للنيفرون عادة فى الانبوبة الجامعة ، وتغذى الكلية عصبيا الألياف العصبية السمبثاوية ،

وتشير الدلائل الى أن وظيفة الاخراج فى الكلى لا تعتمد على التأثير العصبى بقدر اعتمادها على ضغط الدم فى الأوعية الدموية (شكل ٨١) .

١/٢/١/١٠ — مكونات البول :

عندما يصل السائل الذى يحتوى على مخلفات الجسم الى الانبوبة الجامعة فانه يتركب من نفس تركيب البول الذى فى المثانة ، ويخرج مع البول يوميا حوالى ٦٠ جرام من المواد الذائبة ، وهى تختلف يوما بعد يوم تبعا للفروق الفردية بين الاشخاص ، ومثال على ذلك فان محتوى الكرياتينين فى البول يزيد عند اداء العمل العضلى أكثر من العمل الذهنى كنتيجة لمخلفات التمثيل الغذائى فى العضلات . وعادة فان البول حمضى التفاعل تبلغ درجة pH من ٤ — ٦ ، وتتأثر هذه الدرجة بنوعية الغذاء الذى يتناوله الانسان ؛ فالوجبة الغذائية العادية عادة ما تحتوى على pH يساوى ٦ .

أما الوجبة البروتينية فانها تزيد من تأثيرها على تفاعل البول فى الاتجاه الحمضى ، بينما يكون تأثير الوجبة الكربوهيدراتية فى الاتجاه

القلوى ، كما ان نواتج التمثيل الغذائى للانشطة البدنية اللاهوائية يمكن ان تزيد من اتجاه البول الى زيادة درجة الحمضية .

ويميل لون البول الى الصفرة ويخرج الشـــخص حوالى ٥ر١ لتر خلال ٢٤ ساعة ، وتبلغ كثافة البول نسبة الى الماء من ١٫٠١٥ — ١٫٠٢٠

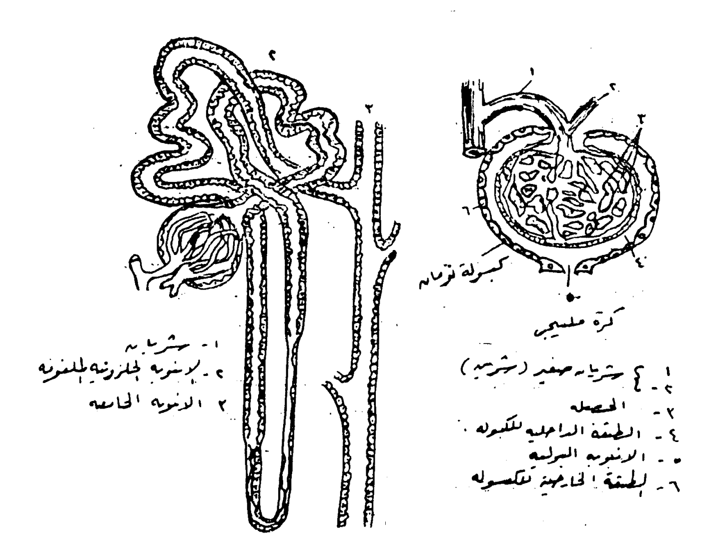
ويتكون البول من الماء وبعض المواد الذائبة فيه ، وتبلغ نسبة الماء حوالى ٩٥٪ والمواد الاخرى ٥٪ ، ويحتوى البول على البولينا وحامض البوليك والكرياتينين وحامض الهيبوريك ، ومعظم هذه المواد تحتوى على النتروجين ، اما المواد غير العضوية فمعظمها من الاملاح مثل أملاح حامض الفوسفوريك والسيلفوريك والصوديوم والبوتاسيوم ، واكثر المواد التى يحتوى عليها البول هى البولينا (٢٥ — ٣٠ جرام) والأملاح (١٠ — ١٥ جرام) وبالاضافة لهذه المواد يمكن أن يحتوى البول ايضا على غازات مثل ثانى أكسيد الكربون وبعض خلايا الدم البيضاء وبعض خلايا المســـالك البولية ، وتتوقف كمية اخراج البول على عدة عوامل مختلفة مثل درجـــة الحرارة والرطوبة للبيئة المحيطة ، وكذلك نوعية العمل البدنى ونوعيـــة الطعام ومقدار السوائل التى يتناولها الانسان ، فتقل كمية البول فى حالة زيادة العرق أو تناول اغذية جافة أو تناول كميات محدودة من الماء ، ويتم خروج البول بدرجة اكبر خلال النهار اكثر من الليل ، ويزيد البول فى حالة الجو البارد والرطوبة وتناول المشروبات والأغذية السائلة ، واذا زادت كمية خروج البول قلت كثافته والعكس اذا ما قلت كمية خروجـــه زادت كثافته ، وعادة ما تختلف الكثافة النوعية فى حدود تتراوح ما بين ١٫٠٠٢ الى ١٫٠٣٠ وتحدد بواسطة مقياس خاص يسمى يوروميتر Urometer

ويمكن ان يتأثر تركيب البول فى بعض الحالات المرضـــية فيظهر فى البول البروتين او السكر أو الدم .

ويعتبر ظهور البروتين فى البول فى حالة الراحـــة دليلا على زيادة نفاذية الكبيبات الكلوية للكلى ، اما حالات ظهور البروتين المؤقتة بعد أداء النشاط البدنى فلا تعتبر حالة مرضية ، ويدل ظهور السكر فى البول بصفة دائمة على الاصابة بمرض السكر فى حالة عدم كفاية البنكرياس فى افراز

هرمون الأنسولين ، ويمكن أن يظهر السكر في البول بصفة مؤقتة اذا تم هضم كمية كبيرة من الكربوهيدرات .

أما وجود الدم في البول فيدل على اصابة المسالك البولية أو الكبيبات الكلوية ، كما قد تظهر بعض الاسطوانات في البول (خلايا النسيج الكلوى)



(شـــكل ٨١)

تركيب الوحدة الكلوية (النيفرون)

٢/٢/١/١٠ — الوظائف الأساسية للكلى :

تقوم الكلى بالوظائف الأساسية التالية :

١ــ تحافظ على مستوى التركيز العادى فى الجسم بالنسبة للماء والأملاح والجلوكوز وغيرها .

٢ — تنظيم التوازن الحمضى القلوى للدم .

٣ — المحافظة على مستوى الضغط الأسموزى فى الدم وأنسجة الجسم .

٤ — تخليص الجسم من نواتج التمثيل الغذائى والعقاقير .

٥ — افراز هرمون الرينين الذى له تأثيره على النغمة العضلية للأوعية الدموية .

وتدخل هذه الوظائف فى تكوين البول فى النيفرون وهو يمثل الوحدة الوظيفية للكلى ، وتحتوى كل كلية على مليون أو أكثر من الانابيب الكلوية وما يصاحبها من أوعية دموية (النيفرونات) . ويعتبر النيفرون هو المسئول عن وظيفة الكلى ، حيث يقوم بترشيح بلازما الدم واعادة امتصاص وحجز المواد المفيدة من السائل المرشح ، ثم يقوم باخراج جزء صغير من الماء الزائد والأملاح وبعض المواد الضارة بالجسم مثل الأمونيا وأيونات الهيدروجين (الحمضية) ، ويتم ترشيح بلازما الدم خلال كبسولة بومان ، وهى أول جزء من الأنبوبة الكلوية .

تستقبل الكلى حوالى ٢٥٪ من الحجم الكلى للدفع القلبى أثناء الراحة ، بمعنى أن سريان الدم الكلوى يبلغ حوالى ١٫٢٥ لتر / دقيقة أو حوالى ١٨٠٠ لتر دم فى اليوم ، ومن خلال هذه الكمية الكبيرة من الدم المار بالكلى كل يوم يتم ترشيح ١٨٠ لتر من السوائل خلال الأنابيب الكلوية (٧٫٥ لتر فى الساعة) وهذا المعدل الذى يتم فيه ترشيح السائل عن البلازما خلال النيفرون يسمى معدل الترشيح ، ويلاحظ انه بالرغم من أن كمية السوائل التى ترشح يوميا والتى تبلغ ١٨٠ لتر فى اليوم فان الأنابيب الكلوية لا تخرج أكثر من ١ — ٢ لتر من البول فى اليوم أما باقى السائل الموجود فى الأنابيب الكلوية فيعاد امتصاصه الى الدم مرة أخرى .

وتتأثر وظائف الكلى بهرمون الالدوسترون وهو ينشط عملية اعادة الامتصاص ، أما هرمون الانتى ديورتك فانه يعمل على اعادة امتصاص الماء الى الجسم ، وفى حالة غياب هذا الهرمون يزيد اخراج البول عن معدله الطبيعى .

٣/١/١٠ - الغدد العرقية :

يضاف الى وظيفة الكلى فى اخراج البول وظائف الغدد العرقيـــة فى اخراج العرق ، وهناك ارتباط بين وظائفهما ، ولا يرجع تحويل الوظيفـــة الاخراجية من الكلى الى الغدد العرقية الى الحالات المرضية للكلى ، ولكن ايضا يحدث ذلك اثناء اداء الانشطة البدنية .

وهناك نوعان لاخراج العرق ، احدهما النوع الحرارى والآخـــــر النوع النفسى أو النفعالى ، ويحدث خروج العرق الحرارى فى جميع اجزاء الجسم فيما عدا راحد اليد وباطن القدم ، اما خروج العرق النفسى فيظهر بصورة كبيرة على راحة اليد وباطن القدم وبدرجة اقل فى اجزاء الجســـم الأخـــرى .

ويرجع الســـبب فى العرق الحرارى الى ارتفاع درجة حرارة البيئة المحيطة ، وترتبط كمية وسرعة ظهوره ارتباطا مباشرا بمقدار ارتفاع درجة حرارة البيئة الخارجية ، الا ان الوصـــــول الى اقصى حد لاخراج العرق يضعف فى حالة ارتفاع الحرارة .

ويظهر العرق الانفعالى او النفسى كنتيجة للحالات الانفعالية مثـــل (الخوف - الفرح .. وغيرها) ، وكذلك عند اداء العمل الذهنى وغيرها من العوامل التى ليس لها تاثيرعلىرفع درجة حرارة الجسم .

ونختلف خصـــائص العرق النفسى عن العرق الحرارى حيث يتميز العرق النفسى بفترة كمون قصــــيرة ، ويبدأ ظهوره مبـــاشرة بعد تاثير الاستثارة ، كما انه يصل بسرعة الى اقصى مستوى له تبعا لقوة المثير ، كما انه ايضا يتوقف خروجه بسرعة .

وعملية خروج العرق هى عملية مستمرة تحدث فى ظروف الراحـــة البدنية او النفسية ايضا ولكنها تزيد فى الحالات الانفعالية او النشـــــاط البدنى ، ويتم تنظيم الغدد العرقية عن طريق الاعصاب السيمبثاوية .

١٠/١/٤ — اجهزة الاخراج والتدريب الرياضى :

عند اداء الأنشطة الرياضية لفترة طويلة ، يلاحظ عادة اعادة توزيع سريان الدم ، حيث يزيد سريانه الى العضلات العاملة ويقل فى الأعضاء الداخلية ، وهذا يمكن ان يؤدى الى انخفاض كبير فى ضغط الدم فى الشعيرات والكبيبات الكلوية وبالتالى يقل ايضا تكوين البول ، الا أن الغدد العرقية تقوم مؤقتا بتعويض عمل الكلى بالاضافة الى أن زيادة خروج العرق يؤدى الى سرعة التوصيل الحرارى مما يساعد على تخليص الجسم من الحرارة الزائدة نتيجة العمل العضلى .

وعند اداء الحمل البدنى الاقل من الأقصى الذى يصاحبه انشطار الجليكوجين اللاهوائى تبلغ نسبة تركيز حامض اللاكتيك فى البول حوالى ٢١ — ٢٤ ملليجرام ٪ ، بينما لا تزيد هذه النسبة عن ٥ — ٦ ملليجرام ٪ فى حالة اداء الحمل البدنى ذ والشدة المتوسطة ، ويساعد زيادة خروج حامض اللاكتيك وكذلك البولينا والكرياتينين والأمونيا اثناء النشاط البدنى المتوسط الشدة على زيادة عمل الغدد العرقية .

ويدل ظهور الجلوكوز فى البول على الحالة الانفعالية للرياضى وهذا يحدث تحت تاثير انشطار الجليكوجين فى الكبد بتأثير هرمون الغدة فوق الكلية الادرينالين مما يؤدى الى ارتفاع مستوى تركيز الجلوكوز فى الدم عن مستواه العادى . وفى بعض الاحيان يصاحب النشاط البدنى والتوتر الانفعالى ظهور البروتين فى البول ، ويدل اختفائه خلال ٢٤ ساعة على انه **حالة فسيولوجية وليس حالة مرضية ناتجة عن استجابة الجسم للاحمال البدنية الكبيرة .**

ويبلغ حجم العرق الذى يخرجه الجسم اثناء النشاط البدنى كمية كبيرة تصل لدى الرجال الى ١٠٥٦ — ١٧٨٧ جرام من العرق عند المشى ٥ كم/ساعة مع حمل مقاومة وزنها ١٠ كجم وفى درجة حرارة للهواء ٣٢٫٦ — ٣٤٫٧ درجة مئوية ولمدة ساعة .

١٠/١/٤/١ — مظاهر الكلى الرياضية Athletic Kidney :

دلت نتائج الدراسات على متسابقى الجرى للمسافات الطويلة والمارثون على ظهور تغيرات غير طبيعية فى البول بعد الجرى مباشرة نتيجة لتعرض الكلى لحالة تسمى « الالتهاب الكلوى الكاذب الرياضى » Athletic Pseudnephritis او تسمى الكلى الرياضية Athletic Kidney

وتتميز هذه الحالة بظهور بعض المتغيرات غير الطبيعية فى البول (بروتين — كرات حمراء وبيضاء — اسطوانات) كاستجابة وقتية لاداء النشاط الرياضى لفترة طويلة ، ثم تختفى هذه التغيرات خلال فترة ٧٢ ساعة تقريبا ، وهذا ما يميز هذه الحالة عن امراض الكلى العادية التى تظهر فيها نفس هذه المظاهر ، الا انها تظهر بدون مجهود بدنى سابق وتتميز بالاستمرارية الى ان يتم الشفاء من المرض ، اى انها تغيرات ليست وقتية كما فى حالة الكلى الرياضية .

وقد دلت دراسة بايلى وآخرون .Bailey et al على ظهور البروتين فى البول بعد سباق المارثون (٢ر٤٢ كيلو متر) لدى ٤٠ — ٥٠٪ من المتسابقين ، كما سجل سيجيل وآخرون ١٩٧٩ .Siegel et al حالة ظهور الدم فى البول بعد سباق المارثون لدى ١٨٪ من المتسابقين ، كما بلغت هذه النسبة ٥٠٪ فى دراسة اخرى قام بها شيف وآخرون ١٩٧٨ .Schiff et al؛ كما لاحظ دان كاسترو وويريات ١٩٧١ Dan Caster and Whereat ظهور الدم فى البول لدى ٦٠٪ من المتسابقين بعد سباق ٨٥ كيلومتر جرى ، وقد سجل بايلى ظاهرة ظهور الاسطوانات لدى ٦ متسابقين من بين ١٢ متسابقا بعد سباق المارثون ، وقد اجريت دراسات مشابهة فى البيئة المصرية حيث قام ابو العلا واحمد معروف ١٩٨٣ بالتعرف على تأثير التدريبات الهوائية واللاهوائية على تركيز البروتين ونسبة حالات ظهوره لدى سباحى المسافات القصيرة ، وكذلك اختلاف تركيز ايون الهدروجين تبعا لاختلاف شدة حمل التدريب لدى السباحين ، وقد دلت النتائج على زيادة ظهور البروتين فى البول بعد أداء التدريبات المرتفعة الشدة ، وكذلك زيادة تركيز أيون الهيدروجين تبعا لزيادة شدة الحمل التدريب .

وقد اشار واد وآخرون ١٩٨٢ Wade et al. الى انظهور معظم مظاهر الكلى الرياضية لدى متسـابقى ٥٠٠ كيلو متر جرى خلال فترة ٢٠ يوم حيث ظهرت اعراض البروتين والدم والاسطوانات .

وفى دراسة على سباحى المسافات الطويلة قام بها ابو العلا ويحيى مصـطفى ١٩٨٤ دلت عـلى ظهور البروتين والكرات الحمراء والـكرات البيضاء والاسطوانات لدى السباحين عقب سباحة ١٥ كيلو متر ، كمـا اختلفت نسبة ظهور البروتين بين السباحين تبعا لمستوى نتائج المنافسـة حيث زادت نسبة تركيز البروتين لدى السباحين الاقل مستوى ولم ينجحوا فى استكمال كل مسافة السباق .

وترجع معظم تغيرات وظائف الكلى اثناء النشاط البدنى نتيجة لحالة الهيبوكسيا « نقص الاكسوجين » التى تتعرض لها الكلى اثناء النشـاط البدنى نتيجة نقص سريان الدم الى الكلى واتجاهه الى العضلات العاملة وهذا يؤدى الى زيادة اتساع ثقوب المرشحات الكلوية مما يسمح بترشيح الجزيئات الكبيرة نسبيا وظهورها فى البول .

١٠/٢ — التوازن الحرارى

١٠/٢/١ — مقـدمة :

يتعرض الجسـم الانسـانى بصفة دائمة لتغيرات البيئة الخارجية بالاضـافة ايضـا الى زيادة عمليات التبادل الحرارى وكمية الحرارة التى تتولد داخل الجسم نفسه ، وبرغم ذلك فان درجة حرارة الجسم لا تتغير تبعا لذلك وتظل بصفة دائمة ثابتة نظرا لما لذلك من اهمية للعمليات الحيوية فى الجسـم .

١٠/٢/٢ — اختلاف نوعية درجة حرارة اجسام الكائنات الحية :

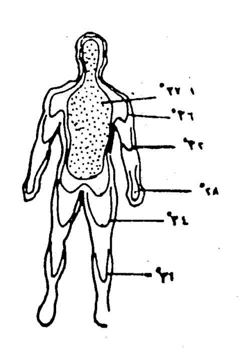
وتنقسم أجسام الكائنات الحية تبعا للتبادل الحرارى الى ذوات الدم البارد وذوات الدم الدافىء ، وفى الحالة الأولى تتغير درجة حرارة الجسم تبعا لتغيرات درجة حرارة البيئة المحيطة ، أما فى النوع الثانى فان درجة حرارة الجسم لا تتغير تبعا لتغيرات البيئة وتبقى ثابتة ، وهذا النوع من

الكائنات ذوات الدم الدافىء اقل نوعا وعددا فى العـالم ومنهـا الثدييات والطيور ، أما الكائنات ذوات الدم البارد فهى تشمل الاغلبية ، تبدأ من الكائنات البسيطة حتى الزواحف ، وتعتبر عملية تثبيت درجة الحرارة من العمليات البيولوجية الهامة لجسم الانســان وفى بعض الظروف يمكن ان ترتفع أو تنخفض درجة حرارة الجسم نتيجة تغيرات البيئة الخارجية وعدم كفاية منظمات الحرارة فى الجسم الدفاع عنه ضد هذه التغيرات .

٣/٢/١٠ — درجة حرارة الجسم الخارجية والداخلية :

عادة يمكن ملاحظة منطقتين مختلفتين فى درجة حرارتهما وهما درجة حرارة الجسم الخارجية ودرجة حرارة الجسم الداخلية ، وعادة تكون درجة الحرارة الداخلية هى الدرجة الثابتة وتشمل درجة حرارة كل من المخ واعضاء التنفس الصدرى والتجويف البطنى والحوض ، اما بالنسبة لأعضاء الجسم وانسجته الخارجية (الجلد واكبر جزء من العضلات الهيكلية والجهاز العظمى) فان درجة حرارة هذه المناطق تعتبر درجة حرارة خارجية ، ولذا فانها تتأثر لدرجة ما بدرجة حرارة البيئة الخارجية حيث ترتفع اذا ارتفعت والعكس. وهذا الاختلاف يساعد على ثبات درجة حرارة البيئة الداخلية للجســـم حيث تقوم هذه الأعضاء بتوصيل حرارة الجســـم الزائدة للخارج عندما تزيد الحرارة ، وعندما تزيد البرودة فان هذه الأعضاء تمنع فقد الحرارة (شكل ٨٢) .

وعندما نقول درجة حرارة الجســـم فان المقصود بذلك هو درجة الحرارة الداخلية ، كما ان مختلف مناطق الجسم الخارجية تختلف درجة حرارتها ، وهذا الفرق يرجع الى عدم تساوى التمثيل الغذائى فى اعضاء الجسم المختلفة وكذلك مدى سريان الدم ، وعادة ما يحمـل الدم الحرارة من أعضاء الجسم الداخلية ليقوم بتوزيعها على اجزاء الجسم الخارجيـة وافضل مكان لقياس درجة حرارة الجسم هو منطقة القلب الا ان ذلك يعد أمرا صعبا ، ولذا فان درجة الحرارة تقاس تحت الأبط او من الشرج او فى تجويف الفم .



(شــــــكل ٨٢)
درجات حرارة مناطق الجسم
المختلفة عند درجة حرارة الجو ٢٠°

وتتراوح درجة حرارة الجسم تحت الابط من ٣٦ — ٣٧ درجة وفى الشرج ٣٦٫٢ ـ ٣٧٫٦ درجة ، ويلاحظ ان اقل درجـــة حرارة تلاحظ فى الليل وقبل النوم واكبر درجة حرارة تلاحظ خلال النصف الثانى من اليوم ٠

١٠/٢/٣/١ — درجة حرارة البيئة الخارجية :

هناك حدود معينة لدرجة حرارة البيئة الخارجية يشعر الجسم فيها بعــدم البرودة او السخونة اثناء حالة الراحة ، وفى هـــذه الحالة يصبح التمثيل الغذائى لانتاج الطاقة فى اقل مستوى له وفى حالة تغير درجـــة حرارة البيئة زيادة او نقصا عن هذه الدرجة يزيد التمثيل الغذائى لانتـــاج الطاقة ، ففى حالة زيادة البرودة يفقد الجســـم طاقة حرارية لتعويض المفقود نتيجة البرودة ، وفى حالة ارتفاع درجة حرارة البيئة ايضا يفقـــد الجسم طاقة تستهلك لتنشيط عمليات التوصيل الحرارى مثل زيادة عمـــل عضلات التنفس « نتيجة الملابس الثقيلة » زيادة نشـــاط القلب ليزيد من دفع كمية اكبر من الدم الى الاوعية الدموية فى الأجزاء الخارجية للجســـم وتنشيط الغدد العرقية مع زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية بالجسم ٠

وتعتبر درجة الحرارة ١٩ — ٢٢ درجة هى الدرجة الملائمة للهواء عندما يكون الانسان فى ملابسه المنزلية العادية وتصبح هذه الدرجة ٢٨° — ٣١° فى حالة ما يكون الجسم بدون ملابس .

١٠ ٢/٣/٢/١ — توليد الحرارة فى الجسم :

يصاحب التمثيل الغذائى فى الجسم دائما انتاج الحرارة ، وتعتبر عمليات الاكسدة هى المصدر الأساسى لتعبئة الطاقة فى الجسم بالاضافة الى دور الجلوكوز ، وعندما يتأثر الجسم بالبرودة يقوم الجسم ببعض التفاعلات الفسيولوجية لتعويض ذلك وتوليد الحرارة ويعتبر النشاط العضلى الارادى من هذه التفاعلات الفسيولوجية حيث يمكن أن يؤدى ذلك الى مضاعفة انتاج الطاقة عشرا مرات او اكثر ، الا أن جزءا من هذه الطاقة يستهلك لانتاج الشغل الخارجى ، هذا بالاضافة الى أن اى حركة يقوم بها الجسم تزيد من سرعة فقد الحرارة من على مسطح الجسم . كما أن الارتعاش من البرد يعتبر أكثر اقتصادا حيث تزيد الطاقة ٢ — ٤ مرات ، الا أن كل الطاقة المستهلكة تستهلك لتوليد الحرارة فقط ، والعامل المؤثر الآخر هو افراز هرمون الأدرينالين فى الدم حيث يؤثر هذا الهرمون على العضلات الهيكلية ، وكذلك على الكبد والأنسجة الدهنية ويؤدى الى اعادة توزيع الطاقة المتولدة فى هذه الأعضاء خلال عمليات الأكسدة .

ويستطيع الانسان المحافظة على ثبات درجة حرارة الجسم فى حدود ضيقة تحت الظروف العادية اثناء الراحة وفى حالة زيادة درجة حرارة البيئة الخارجية ، وعند اداء النشاط البدنى العنيف لفترة طويلة ، فمن المحتمل فقد القدرة على تنظيم درجة حرارة الجسم ، وهنا يمكن أن تحدث الاصابة بامراض الحرارة او حتى قد تحدث الوفاة ، فاذا تم تبريد جسم الانسان الى درجة ٣٥,٥° مئوية (٩٦° سنتجراد) تفقد الأنزيمات خاصة فى خلايا المخ نشاطها ، كما يختل التمثيل الغذائى على مستوى الخلية ويقل التنفس وقد يتوقف ، واذا تم تبريد الخلايا الى درجة التجمد فان ذلك يؤدى الى تلف الأغشية الخلوية ، ومن ناحية اخرى فان زيادة درجة الحرارة ترفع من نشاط الانزيمات بدرجة كبيرة عما تحتاجه الوظائف

الخلوية وبصفة خاصة فى المخ مما يؤدى الى خلل النشـــاط الخلوى وفى حالة زيادة درجة الحرارة عن ٨ر٤٢ه مئوية (١٠٩ ه فهرنهيت) فان ذلك يؤدى الى تكسير الانزيمات وتبدأ الانسجة تدريجيا فى الاحتراق ، وبناء على ذلك فان تنظيم درجة الحرارة يعد من الأمور الهامة فى مجال الفسيولوجى وبصفة خاصة اثناء اداء النشاط البدنى لفترة طويلة حيث تزيد درجـــــة حرارة الجسم عن ٦ر٤٠ه مئوية (١٠٥ ه فهرنهيت) .

٤/٢/١٠ ــ الانتقال الحرارى :

يتبادل الجسم بصفة دائمة الحرارة مع بيئته المحيطة ويعتمد فقدان الجسم للحرارة او الحصول عليها على أربع عمليات مختلفة للانتقـــــال الحرارى هى الاشعاع والتوصيل وتيارات الحمل والبخر .

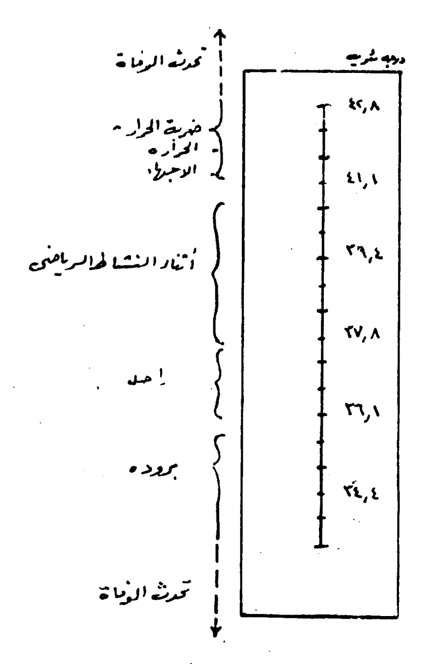
الاشعاع هو نقل الطاقة الحرارية فى شكل موجات الكترومغناطيسية خلال الفراغ من جسم الى آخر ، وتشع كل الأجسام حرارة الى غيرها فى بيئتها ولذا فان الانسان يمكن ان يسخن بالاشعاع من اى جسم آخر مشع فى بيئته (مثل الشمس) والعكس فى حالة اذا ارتفعت درجة حرارة الجسم عن البيئة المحيطة كما يحدث فى الأيام الباردة فان الجسم يفقـــد حرارته بالاشعاع فى البيئة .

اما **التوصيل** فهو انتقال الحرارة من الأجسام الدافئة الى الأجسام الباردة بالاتصال المباشر بين الأجسام .

اما انتقال الحرارة بواسطة **تيارات الحمل** فهو ما يحدث بين مسطح الجسم والهواء او الماء فى حالة السباحة فاذا كان الهواء المحيط بالجسم باردا فان الاتصال يتم بين الجسم وطبقـــة الهواء المحيطة به التى تنتقـــل الى الجسم او تاخذ منه حرارته وبذلك فان الاكثر حرارة هو الذى ينقل حرارته الى الآخر .

وتنتقل الحرارة **بالبخر** عن طريق تبخر السوائل من اعلى ســـطح الجسم ومع لتر من العرق يفقـــد الجسم حوالى ٥٨٠ ســـعر حرارى ، والبخر عملية هامة لتنظيم حرارة الجسم فى البيئة الحارة حيث يكتسب

الجسم الحرارة بواسطة الاشـــعاع والتوصيل وتيارات الحمل ، وحيث ان البخر عبارة عن انتشار جزيئات المـــاء من الجلد الى الهواء فلا يمكن أن يحدث البخر اذا كان الهواء محملا بالبخار كما فى حالة ارتفـــاع درجة الحرارة والرطوبة والتى تكون السبب فى معظم حالات حـــدوث الاصابة بأمراض الحرارة .



(شـــكل رقم ٨٣)

مدى درجة حرارة الجسم المقاســة من الفم

١٠/٢/٥ — فسيولوجية التحكم فى الانتقال الحرارى :

يتم تحكم الجسم فى الانتقال الحرارى بناء على عاملين :

أولا — يمكن للجسم تغيير درجة حرارة مسطحه بتغيير سريان الدم الى الجلد فاذا تفتحت الأوعية الدموية بالجلد فان الدم الدافىء يأتى اليهـــا من داخل الجسم وبذا يسهل انتقال الحرارة من الجسم الى البيئة الخارجية باحدى الطرق الاربع ، وفى حالة العكس وانغلاق هـــذه الأوعية الدموية يتم الاحتفاظ بدرجة حرارة الجسم .

ثانيـــا — ينظم الجسم حرارته عن طريق التحكم فى اخراج العرق فعند زيادة افراز العرق يفقد الجسم حرارة أكثر عن طريق البخر ويتحكم الهيبوثلامس فى افراز العرق وسريان الدم الى الجلد وهو حســاس جـــدا لأى تغيرات حرارية فى الجلد او الجسم ، وفى حالة سخونة الجلد او الدم يولد الهيبوثلامس اشارات عصبية تؤدى الى اتســـاع الأوعيـــة الدموية بالجـــلد وبالتالى افراز كميـــة أكبر من العرق ، وفى حالة البرودة يحافظ الهيبوثلامس على انقباض الأوعية الدموية بالجلد ليقل العرق ، وتعتبر المستقبلات الحسية الموجودة فى البشرة من اكثر المناطق حساسية للتغيرات الحرارية فى الجسم ولذا فان تبريد الوجـــه فى الأيام الحارة يساعد على الشعور بالارتياح كما أن لاعبى الجرى مسافات طويلة يميلون الى وضع الماء فوق رؤوسهم أكثر من شربه .

١٠/٢/٦ — التوازن الحرارى والتدريب الرياضى :

يعتبر موضـــوع تأثير النشـــاط الرياضى على التوازن الحـــرارى من الموضوعات الهامة جـــدا فى مجال فسيولوجيا الرياضة نظرا لخطورة اختـــلال التوازن الحرارى وزيادة درجة حرارة الجسم بدرجـــة يصعب التخلص منهـــا فيؤدى ذلك الى الوفاة وقد ذكر فوكس وماتيوس ١٩٨١ Fox and Mathewes ان خـــلال السنوات الثلاث الأخـــيرة تعرض للوفاة نتيجة ضربة الحرارة Heat Stroke ١٢ لاعبا من لاعبى كرة القدم الأمريكية ويرجع السبب فى حدوث ذلك الى نقص المعلومات عن تأثير النشاط الرياضى على التوازن الحرارى ، لذا فان العاملين فى المجال الرياضى يجب ان يحاولوا

الوصول بفرقهم الرياضية الى أعلى المستويات وفى نفس الوقت حمايتهم من التعرض لأخطار أمراض الحرارة .

ومن المعروف أن انتاج الحرارة أثناء الراحة يبلغ حوالى ٧٥ سعر حرارى فى الساعة ويساعد النشاط الرياضى على مضاعفة انتاج الحرارة حوالى ٢٠ مرة وقد تبلغ حوالى ١٥٠٠ سعر حرارى فى الساعة عند اداء النشاط الرياضى لفترة طويلة ، ومن الطبيعى أن كل هذه الحرارة الزائدة يقوم الجسم بالتخلص منها والا ترتفع درجة حرارة الجسم اكثر من ٤٣° درجة مئوية ، والبعض من هذه الحرارة لا يفقده الجسم أثناء اداء النشاط الرياضى ولذا يمكن أن يخزنه الجسم ، وعادة فان الجسم يقوم بوظائفه بفاعلية اكثر عند درجة حرارة ٣٩° مئوية اكثر من ٣٧° مئوية ، وقد يرجع ذلك الى ان نشاط الانزيمات يتم فى درجات الحرارة العالية .

١٠/٢/٦/١ — تنظيم درجة حرارة الجسم فى الجو البارد الجاف :

يقوم الجسم باستمرار زيادة سريان الدم وافراز العـــرق للتخلص من الحرارة الزائدة أثناء النشاط الرياضى فى حالة الجو البـــارد الجاف عندما تكون درجـــة حرارة الجو ٢١,١° مئوية ونســـبة الرطوبة ٥٠٪ وأثناء الحركة يستجيب الهيبوثلامس ليس فقط لدرجة حرارة الدم الدافىء ولكن أيضا لانعكاسات العضلات والمفاصل ويدل على ذلك ظهور العرق بعد بضعة ثوان من بداية الحركة وقبـــل أى زيادة فى درجة حرارة الدم وبالطبع فان زيادة افراز العرق تفقد قيمتها فى حالة عدم القدرة على البخر نتيجـــة زيادة الرطوبة أو بسبب ارتداء الشخص نوعا من الملابس التى لا تسمح للعرق بالبخر مثل البدل البلاستيك أو المطاط ولذا فان استخدام مثل هذه الملابس أثناء النشاط الرياضى من الخطورة اذا ما ارتفعت درجة حرارة الجسم عن المستويات العادية .

وفى بعض الأشخاص لا يتم لديهم توجيه الدم الى الأوعية الدموية بالجلد طالما ان البخر ساعد على المحافظـــة على درجـــة حرارة الجسم فى مستوى ٣٩° مئوية وفى الحقيقة فان بعض كميات الدم الموجودة فى أوعية الجلد تتجه الى العضلات العاملة أثناء النشاط الرياضى وعموما فان حوالى

٧٠٪ من الحرارة يفقدها الجسم عن طريق البخر فى حالة الجو البـــارد الجاف بينما ١٥٪ من هذه الحرارة يفقده الجسم عن طريق تيارات الحمل نظرا للتأثير البارد نتيجة للبخر على الجلد وعموما فان درجة حرارة الجلد تنقص اثناء اداء النشاط الرياضى فيما عدا حالة الجو الحار الرطب .

١٠/٢/٦/٢ — التدريب الرياضى فى الجو البارد :

يستطيع الجسم المحافظة على درجة حرارته فى حالة البرودة تحت الصفر نظرا لزيادة حرارته ٢٠ مرة ضعفها اثنـــاء اداء النشاط الرياضى العنيف وهذا يفسر عدم برودة لاعبى الانزلاق على الجليد فى الأيام الباردة رغم ارتدائهم لملابس خفيفة .

١٠/٢/٦/٣ — التدريب الرياضى فى حالة الجو الحار والرطوبة :

يؤدى الجو الحار والرطوبة حتى فى حالة الراحة الى اختلال قدرة الجسم على المحافظة على درجة حرارة البيئة الداخلية للجسم للأنسجة والخلايا ، وتؤدى تدريبات التحمل الى زيادة سرعة ظهور هذه التأثيرات المؤلمة لزيادة الحرارة وليس ذلك نتيجة لما تنتجه العضـــلات من حرارة اثناء عملها بالاضافة الى حرارة الجسم ولكن أيضا للتغيرات التى تحدث فى الدورة الدموية التى تصاحب التدريبـــات العنيفة مما يؤدى الى نقص قدرة الجسم على التخلص من الحرارة الزائدة . وهناك بعض اللاعبين لا تعتبر زيادة الحرارة ممونا لهم ومن هؤلاء لاعبى العـــدو ١٠٠ متر لمرة واحدة ورفع الجلة أو رفع الأثقال لمرة واحدة الا أن تكرار هذه الأنشطة الرياضية عدة مرات اثناء جرعة التدريب فى الجو الحار وزيادة الرطوبة يمكن بسهولة أن يؤدى الى فشل الجسم فى تنظيم درجة الحرارة ، وبصفة عامة فان رياضة كرة القـــدم تختص بزيادة التأثيرات الحرارية خاصـــة فى الفترة المبكرة من الموسم ويرجع ذلك التأثير أيضا نتيجة للملابس الثقيلة التى يرتديهـــا اللاعبون لمنع الاصابات ومثال على ذلك البنداج والأربطة حول المفاصـــل حيث تؤدى مثل هـــذه الأشياء الى اعاقة الجسم فى نقد الحـــرارة .

وتلعب الدافعية من الوجهة النفسية دورا كبيرا فى تحمـل الحرارة حيث ينخفض مسـتوى الاداء لدى بعض الأشخاص نتيجة عـدم تحملهم النفسى لارتفاع درجة الحرارة . وعموما فان تأثير درجة الحرارة العاليـة على الأداء يأتى نتيجة لنقص سريان الدم الى العضلات العاملة واتجاهه الى الجلد وتقل كفاءة عمل القلب فى ضخ الدم الى العضلات نتيجة سريانه فى الاوعية الدموية بالجلد وبالتالى يقل حجم الدم الوارد الى العضلات مما يؤدى الى سرعة التعب بالاضافة الى ما يسببه ارتفاع درجة الحرارة من الشعور بعـدم الارتياح ، ويقـل تأثير الحرارة المرتفعة والرطوبة على الأنشطة الرياضية اذا قل زمن الاداء عن ١٥ دقيقة .

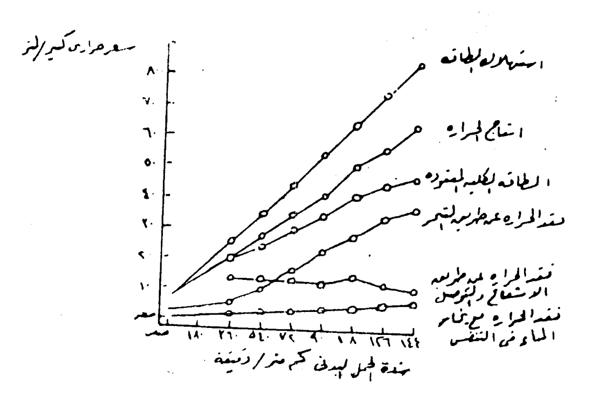
وتقل درجة تحمـل الاناث للأداء فى الجو الحار عنهـا فى الذكور وقد يرجع ذلك الى تأثير الهرمونات الجنسية لديهن على تقليل افراز العرق ويعانى أيضا الأشـخاص المصابون بالسمنة أكثر من النحاف من الاداء الرياضى فى الجو الحار .

ويتعرض الجسم خلال التدريب البدنى فى الجو الحار لبعض التغيرات الفسيولوجية منها ما هو يرتبط باستهلاك الاكسوجين وكفاءة الجهاز الدورى وسـوائل الجسم وفقد الوزن .

يقل الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين حوالى ٣ — ٨٪ بعد أداء النشـاط الرياضى لفترة طويلة اكثر من ساعة فى الجو الحار بينما يمكن ان لا يقل اقصى استهلاك للاكسوجين عند اداء الأنشطة البدنية قصـيرة الزمن كما يمكن أيضا حدوث ذلك اذا تعرض الشخص الى درجة حرارة مرتفعـة ورطوبة لفترة زمنية قبـل بدء اختبار الحـد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين أو حتى اذا ما قام الشخص بأداء حمل بدنى أقل من الأقصى قبل الاختبار وقد يرجع انخفاض الحد الأقصى لاستهلاك الاكسوجين نتيجة لتغيير سريان الدم من العضلات العاملة الى الجلد ، كما يمكن أيضا ارجاع نقص الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين الى نقص حجم الدم الذى يدفعه القلب فى كل ضربة من ضرباته .

٤/٦/٣/١٠ — وظائف الجهاز الدورى ودرجة الحرارة :

يزيد الدفع القلبى فى كل من حالتى النشاط البدنى لفترة قصيرة (اقل من ١٥ دقيقة) ولفترة طويلة للنشاط البدنى المتوسط الشدة فى الحرارة وبصفة عامة يزيد حجم الدفع القلبى عند النشاط البدنى فى الجو الحار عنه فى الجو البارد وبصفة عامة فان هذه الزيادة فى الدفع القلبى ترتبط بسرعة القلب نظرا لنقص حجم الضربة فى الجو الحار .



(شـكل رقم ٨٤)

تنظيم الحرارة أثناء الراحة وعند أداء الحمل البدنى المتدرج الشدة فى حجرة درجة حرارتها ٢١°

(عن : كوتس ١٩٨٢ Kots)

ويوجه الدم المدفوع الزائد الى الجلد للمساعدة على التخلص من الحرارة الزائدة . ولا يلاحظ فرق فى ضغط الدم نتيجة لختلاف الحرارة أو البرودة حيث أن تمدد الأوعية الدموية فى الجلد (الذى قد يؤدى الى انخفاض ضغط الدم) يقابله انقباض الأوعية فى الكبد والكلى والعضلات غير العاملة . ويمكن أن يبقى حجم الدفع القلبى على مستواه عند التدريب

فى الجو الحار باستخدام احمال بدنية مرتفعة الشدة ولكن ذلك اذا كان الأداء لفترة قصيرة من الزمن ولمرة واحــدة ، أما اذا استمر زمن الأداء أو التكرار لمدة طويلة فينخفض حجم الدفع القلبى ، وفى بداية مثل هذه الأنشطة يمكن الاحتفاظ بحجم الدفع القلبى حتى فى حالة نقص حجم الضربة وتزيد سرعة القلب لتعويض ذلك وعندما تصل سرعة القلب الى الحــد الأقصى فان الدفع القلبى والحــد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين ينخفض تبعا لانخفاض حجم الضربة ، ونتيجة لانخفاض حجم الدفع القلبى واتساع الأوعية الدموية بالجلد ينخفض أيضا ضغط الدم وقد يصل فى بعض الأحيان الى اكثر من ٤٠ مم زئبق ونتيجة لذلك تحدث الخطورة الناتجة عن الاجهاد الحــرارى .

١٠/٣/٦/٥ — سوائل الجسم ودرجة الحرارة :

يمكن أن يفقــد الشخص عند التدريب لفترة طويلة فى الجو الحار اكثر من ٢ لتر من سوائل الجسم (العرق) كل ساعة ، ويفقد الانسان حوالى ٧ — ٨٪ من وزن جسمه فى سباقات التحمل مثل سباق الماراثون .

يحتوى الجسم على حوالى ٤٠ لتر من السائل بما فيها سائل ما بين الخلايا والسائل داخل الخــلايا ويشكل الدم حوالى ٥ لتر من سوائل الجسم (٣ لتر بلازما و ٢ لتر خلايا الدم) ولذا فان السائل الذى يفقده الجسم أثناء الأداء الرياضى فى الجو الحار اذا نقص من الدم فانه تبعا لذلك يلاحظ انخفــاض فى حجم الدم والدفع القلبى وضغط الدم ولحسن الحظ فان فى حالات الجفاف الشــديدة (أكثر من ٥ر٢ لتر من المــاء المفقود) فان معظم السائل المفقود مع العرق يأتى من داخل خلايا الجسم مع نسبة لا تتعدى ٢٠٪ من البلازما وهى اقل عادة من ٦٠٠ ملليلتر يفقدهم حجم البلازما فى حالة مثل هــذه التدريبات ، وعموما فان هناك نتائج متناقضة حول اثر التدريبات فى الجــو الحار على حجم البــلازما حيث تدل بعض هذه النتائج على عــدم تغيير حجم البلازما حتى فى حالة فقدان ٥ر٢ لتر من الماء بينما تدل بعض النتائج الأخرى على نقص نسبى فى حجم البلازما يزيد لدى الاناث عنه فى الذكور ، ويؤدى نقص حجم البلازما هذا الى نقص

حجم الضربة والدفع القلبى وانخفاض ضغط الدم وبالتالى اعاقة امداد كمية اكبر من الدم الى الجلد بهدف التبريد .

ويصاحب فقد سوائل الجسم أثناء التدريب ارتفاع جزئى فى درجة الحرارة لأن فى بعض الأحيان يمنع العرق حدوث حالة الجفاف (فقد ٢ — ٣ لتر من الماء) لذا من الأهمية اعادة امداد الجسم بالماء لتعويض المفقود ولمساعدة الجسم على افراز العرق مما يساعد فى الحفـــاظ على درجة حرارة الجسم منخفضة .

ويعنى هـــذا أن الجسم يقوم بتعويض ما فقده من الماء خـــلال يوم او يومان لذا فيجب ان يتناول اللاعب الماء قبل شـــعوره بالحاجة اليـــه لكى يؤخر حدوث الجفاف بقدر ما يستطيع ، ويمكن تجنب الكثير من مشاكل الحرارة اذا ما تعود لاعبى كرة القـــدم والجرى ان يتناولوا قدر من الماء قبل الاشتراك فى المباراة وكوب من الماء كل ١٠ — ١٥ دقيقة فى حالة الجو الحار والرطوبة ويمكن استخدام الميزان لوزن اللاعب قبل وبعد التدريب للتأكد من عملية تعويض العرق المفقود أثناء فترة التدريب .

ويمكن ان يفقـــد اللاعبون فى بداية الموســـم بعض املاح كلوريد الصوديوم مع العرق فاذا لم يتم تعويض ذلك بزيادة ملح الطعام فان هذا الفقدان فى الملح قد يسبب تقلصات عضلية نتيجة اختـــلاف توزيع تركيز الصـــوديوم والبوتاسيوم والكلوريد على جانبى غشاء الليفـــة العضلية ، وهناك ايضـــا سببا آخر يرجع الى بقاء طبقة من الملح فوق الجلد نتيجة لتبخر العرق وهذا الملح المتبقى فوق الجلد يزيد من تركيز الملح فى العرق مما يزيد صعوبة تبخر العرق ، كما أن زيادة التدريب فى الجو الحار تؤدى الى نقص الماء فى الجسم وبالتـــالى يزيد تركيز الأملاح فى سوائل الجسم لذا فان تناول الأملاح قبل او بعد النشاط الرياضى لا يعد عاملا مساعدا وينصح معظم الباحثون أن يتناول اللاعب فى حدود ٢ — ٤ ملعقـــة شاى صغيرة من الملح يضاف الى طعامهم اليومى ، وغير مستحب زيادة الأملاح خلال النشاط البدنى لفترة طويلة فقد يكون ذلك اضر من عدم تناول الملح اطلاقا . حيث يؤدى الملح الزائد الى زيادة حالة الجفاف ويجعل اللاعب

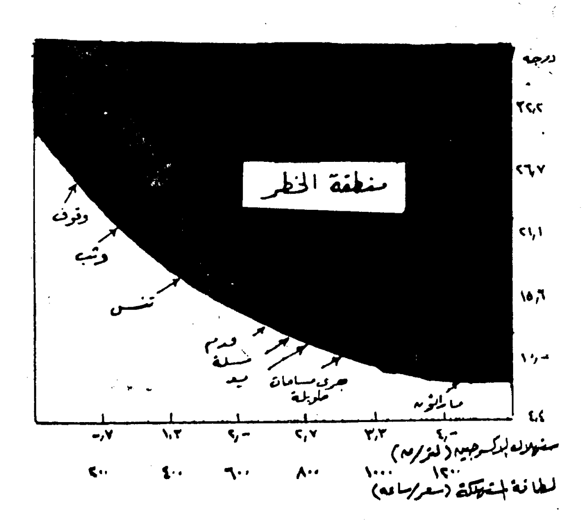
فى حالة غير مريحة نتيجة امتلاء المعدة بالسائل . ويجب الاشارة الى ان زيادة تناول الماء لا تؤدى الى السمنة نظرا لأن الماء لا يحتوى على سعرات حرارية وكذلك فان نقص الماء لا يؤدى الى انقاص السمنة ، حيث يلجأ البعض الى اداء الأنشطة البدنية وهم يرتدون الملابس المانعة لتبخر العرق فتزيد الحرارة مما يؤدى الى فقد كمية كبيرة من ماء الجسم ، ومثل هذه الحالات تعرض اصحابها لخطورة اصابات الحرارة والجفاف . ويلجأ لمثل ذلك لاعبى المصارعة لتخفيض أوزانهم حتى يمكنهم التنافس فى مستوى أوزانهم مما يضطرهم الى فقد السوائل خلال ساعات او بضعة أيام قليلة قبل الميزان وهذا له تأثيره المزدوج على صحة ومستوى اداء المصارع حيث تقل قدرته على التحمل مع مراعاة الا يتناول المصارع كمية من الغذاء اقل مما يحتاجه اثناء التدريب مع عدم اللجوء الى انقاص الوزن عن طريق البدل المطاط او البلاستيك او السونا او العقاقير المسببة لفقدان الماء عن طريق زيادة التبول .

١٠/٢/٦/٦ — قياس التأثير الحرارى على الجسم :

لا يكفى القياس الواحد لدرجة حرارة البيئة لتقييم التأثير الحرارى على الجسم حيث أن ارتفاع درجة حرارة الجو وحدها لا تعتبر المؤشر الوحيد الذى يعطى الصورة الصادقة نظرا لرتباط هذا التأثير أيضا بنسبة الرطوبة حيث انها تعوق عملية البخر وفقد الحرارة ولذا فيتم استخدام ترمومتر من نوع خاص يمكنه قياس درجة حرارة الجو عن طريق انتقال الحرارة بواسطة الاشعاع وتيارات الحمل وما يفقد من حرارة نتيجة البخر ، وبناء على ذلك فان هذا الترمومتر يحمل اسما خاصا وهو الترمومتر ذو الكرة المبتلة Wet Globe Thermometer وهذا الترمومتر يتكون من ترمومتر له كرة من النحاس ومغطاة بنسيج اسود مبلل وهذا يسمح له فى الهواء بقياس درجة حرارة الاشعاع وتيارات الحمل وفى نفس الوقت تتأثر هذه الدرجة بعملية البخر وكل ذلك له تأثيره على ما هو داخل كرة النحاس ، ويجب أن يرتدى اللاعبون ملابس خفيفة اثناء النشاط الرياضى لكى تسمح بسرعة التبخر وملاحظة الا يستمر لاعبى كرة القدم فى الأداء اذا ارتفعت درجة الحرارة بالترمومتر المبتل عن ٢٠١٠ درجات مئوية حيث

حدثت الوفاة للاعبى الكرة فى الخارج عندما كانت درجة الحرارة ١١° درجة مئوية مقاسة بالترمومیتر المبتل .

ويجب العنـــاية بلاعبى المارثون عنـــد الجرى فى الجو الحار حيث ان افضل درجة حرارة للترمومیتر الجاف هى ٤° درجات مئوية ، وفى حالة اقامة السباقات فى درجة حرارة ١٨° مئوية مع نسبة رطوبة اكثر من ٥٠٪ فانه لن يكمل السباق كثير من اللاعبين نتيجة التأثير الحرارى . لذا يجب اقامة سباقات الجرى مسافات طويلة قبـــل التاســـعة صباحا او بعـــد الرابعـــة مساء .

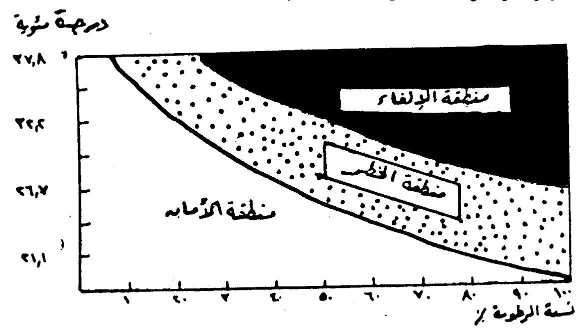


(شـــكل رقم ٨٥)

درجة الحرارة والرطوبة (Wet - globe tempetature) لمختلف معدلات اســـتهلاك الطاقة

(عن : لامب ١٩٧٨ Lamb)

وحيث أن الترموميتر المبتل ليس فى متناول الجميع فيمكن مراعاة ذلك كما فى الشكل حيث يمكن اعطاء اللاعب فترة راحة وتناول الماء عندما تطول فترة الأداء البدنى مع توقف المباراة او اللعب اذا ما وصل اللاعب الى منطقة الالغاء حيث أن الاستمرار فى الأداء فى هذه المنطقة قد يؤدى الى امراض الحرارة أو الوفاة (شكل ٨٥ — ٨٦) .



(شـــكل رقم ٨٦)

دليل درجة الحرارة والرطوبة للنشاط الرياضى

(عن : لامب ١٩٧٨ Lamb)

٧/٦/٢/١٠ — التكيف للأداء فى الجو الحار :

يمكن للجسم أن يتكيف على الأداء الرياضى فى الجو الحار بعد التدريب من ٤ — ١٤ يوما وبذا يقـل شعور اللاعب بالألم بالمقارنة بقبـل عملية التدريب والتكيف ، ويرجع سبب ذلك الى زيادة سرعة افراز العرق وغزارته وزيادة اتساع الغـدد العرقية وزيادة سرعة التبخر ، ويحـدث التكيف للعرق بواسطة كل من تأثير التدريب وتأثير الحرارة ، حيث يجعل التدريب الرياضى الغدد العرقية أكثر حساسية للاشارات العصبية القادمة من المخ الذى يزيد من سرعة ارسال الاشارات العصبية ، وتزيد سرعة تبخر العرق لدى المدربين أكثر من غيرهم ولا يتغير استهلاك الأكسوجين أو الدفع القلبى

تبعا لهذا التكيف الحرارى فى حالة اداء الحمل الأقل من الأقصى الا أنه يمكن ملاحظة انخفاض سرعة القلب مع انخفاض درجة حرارة الجلد لدى المدربين اكثر من غير المدربين ، ويدل ثبات حجم الدفع القلبى مع انخفاض سرعة القلب على زيادة حجم الضربة والسبب الأساسى فى حدوث ذلك ما زال غير معروفا ، وهنـــاك بعض الدلائل أيضا على زيادة حجم البـــلازما ٥٪ نتيجة لزيادة التكيف مع التدريب فى الجو الحار .

١٠/٢/٦/٨ — اصــابات الحــرارة :

لا يتحمل بعض الناس ارتفاع درجة الحرارة ولذا فان أخطائهم تزيد وينخفض مستوى الأداء لديهم ويشـــعرون بالتعب بسرعة اذا ما ارتفعت درجة الحرارة وفيما يلى بعض اصابات الحرارة :

الاجهـــاد الحـــرارى البسيط :

ويحـــدث نتيجة نقص الدفـــع القلبى بسبب زيادة سريان الدم الى العضلات والجلد وعادة ما يصاحب ذلك سرعة النبض مع برودة الجلد وتحدث هذه الاصابة للأشخاص الذين يقفون لفترة طويلة أو الأشخاص الذين يؤدون تدريباتهم فى الحرارة ثم يقفون اثناء الراحة ، والسبب فى ذلك أن عضلات الجسم اثناء انقباضـــها تعمـــل على عودة الدم الى القلب من الرجلين بعد التدريب ويؤدى التوقف المفاجىء فى عودة الدم الوريدى الى تقليل الدفع القلبى وانخفاض سريان الدم الى المخ وفى هذه الحالة يجب وضع الشخص فى وضع مضجع ومريح فى مكان بارد واعطائه سوائل لتعويض ما فقده مع العرق .

التقلصات العضلية الحرارية :

تحدث هـــذه التقلصات عندما يفقد الشخص كمية كبيرة من العرق والأملاح عند النشاط الرياضى فى الجو الحار لفترة طويلة ، وهذه الحالة يمكن التغلب عليها بسرعة فى حالة اعطاء المصاب حبوب الملح مع كمية من الماء أو يمكن اعطاء اللاعب المصاب عدة أكواب من الماء المذاب في كل منها نصف ملعقة شاي من الملح .

ضربة الحـــرارة :

وتعتبر اكبر اصابات الحرارة شـــدة وغالبـــا ما تؤدى الى الوفاة ومن أعراضها ارتفاع درجة الحرارة (٤١ه درجة مئوية) مع اختفاء العرق (جفاف الجلد) وهذه التغيرات ترجع الى فشل المخ فى تنظيم درجة حرارة الجسم عن طريق استجابات الجسم بافراز العرق ، ويجب على المدرب الوقاية من تعرض لاعبيه لمثل هـــذه الحالة ولا يحاول أن يعالج حدوثها بنفسه ويلجأ الى المساعدة الطبية عند حدوث ذلك .

ويمكن الوقاية من تعـــرض اللاعبين للاصـــابة بالحـــرارة الزائدة عن طـــريق :

— اعادة التوازن بين الأملاح والماء .

— التكيف مع الحرارة .

— تجنب استخدام مسببات منع العرق .

الفصل الحادى عشر

١١ ـ الغـدد الصـماء

١/١١ ـ مقـدمة

٢/١١ ـ أنواع الغـدد الصماء

٣/١١ ـ الهرمونات وخصائصها

٤/١١ ـ الغـدد الصماء والتدريب الرياضى

١/٤/١١ ـ تأثير التدريب الرياضى على الغدة النخامية

٢/٤/١١ ـ تأثير التدريب الرياضى على الغدة الدرقية

٣/٤/١١ ـ تأثير التدريب الرياضى على قشرة الغدة فوق الكلية

٤/٤/١١ ـ تأثير التدريب الرياضى على نخاع الغدة فوق الكلية

٥/٤/١١ ـ تأثير التدريب الرياضى على البنكرياس

٦/٤/١١ ـ تأثير التدريب الرياضى على الغدد الجنسية

١١ — الغــدد الصــماء

١/١١ — مقـــدمة :

يقوم الجهـــاز الهرمونى الى جانب الجهـــاز العصبى بتنظيم معدلات النشاط الكيمائى لخلايا وانسجة الجسم المختلفة ويتميز الجهـــاز العصبى عن الجهاز الهرمونى بسرعة استجابته لأى اضطراب فى الاستقرار التجانسى لخـــلايا الجسم كنتيجة للتغيرات البيئية الخارجيـــة أو التغيرات الانفعالية المفاجئة ، ويستجيب الجهاز الهرمونى عادة ببطء الا أن تأثيره يستمر لفترة أطول ، ويتكون الجهاز الهرمونى من الغدد الصماء وهى التى تفرز الهرمونات فى الدم مباشرة وهذه الهرمونات عبارة عن مواد كيمائية لها نشاط بيولوجى عال وبالرغم من قلة تركيزها فى الدم فانهـــا تؤدى الى كثير من التغيرات البيولوجية فى الجسم وخاصـــة بالنسبة للتمثيل الغذائى ولذا فان تغيرات وظائف الغـــدد الصماء تكون مسئولة عن كثير من الاستجابات الوظيفية والتكيف للنشاط الرياضى بالرغم من أن المعلومات فى هذا المجال ما زالت محـــدودة .

٢/١١ — انواع الغـــدد الصماء :

تقوم الغـــدد الصماء بوظيفتهـــا الاساسية وهى افراز الهرمونات ولكل منها تخصصها وهى لا ترتبط بعضها ببعض من الوجهـــة التشريحية وتساعد افرازات هـــذه الغـــدد على قيام الجسم بكثير من وظائفه الهامة ونشاطه البيولوجى واهم هـــذه الغـــدد هى :

(ا) الغـــدة النخامية Pituitary

(ب) الغـــدة الدرقيـــة Thyroid

(جـ) جارات الدرقيـــة Parathyroids

(د) قشرة الغـــدة فوق الكلية Adrenal Cortex

(هـ) نخاع الغـــدة فوق الكلية Adrenal Medulla

(و) البنكرياس Pancreas

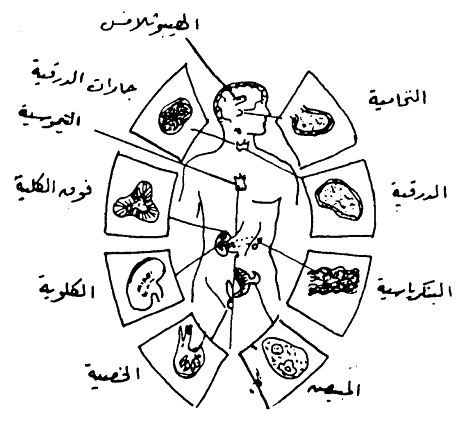
(ز) الخصية (للذكور) Testes

(ح) المبيض (للاناث) Ovaries

(ط) التيموثية Thymus

وبالرغم من عدم ارتباط هذه الغدد ببعضها من الوجهـــة التشريحية الا أنها تقوم بوظائفها معا بطريقة متعاونة بحيث يتأثر كل منها بنشـاط الغدد الأخــرى (شــــكل ٨٩) .

ويجب ملاحظة أن الغدد الصماء لا تأتى بأنشطة جديدة لخلايا الجسم ولكنها فقط تعمل على تغيير معدلات الأنشطة التى تقوم بها خلايا الجسم فعلا بحيث تزيد أو تقلل من سرعتها .



(شـــــكل رقم ٨٧)
الغــــــدد الصــــماء

٣/١١ — الهرمونات وخصائصها :

تقوم الغدد الصماء بافراز الهرمونات فى الدم مباشرة وهذه الهرمونات هى عبارة عن مواد كيميائية يحملها الدم لتنشيط او لتقليل نشــــــاط بعض

اعضاء الجسم ويمكن تقسيمها بصفة عامة الى نوعين اساسيين هما :

(أ) الهرمونات الموضعية : Local :

وتقوم بافراز هذه الهرمونات بعض انسجة الجسم لتقوم بوظائف موضعية خاصة بالجهاز الذى تفرز فيه ، كما يحدث فى تنظيم افرازات الجهاز الهضمى ، وكذا حركة الجدران العضلية لبعض اعضاء الجسم

(ب) الهرمونات العامة General :

وهذه الهرمونات تقوم بوظائفها على مستوى الجسم ككل ، ولا تقتصر وظائفها على التنبيه فقط ولكنها تشترك بفاعلية فى بعض العمليات الفسيولوجية كالتمثيل الغذائى والنمو مثلا ، وتقوم الغدد الصماء بافراز هذه الهومونات .

وتتميز الهرمونات ببعض الخصائص العامة عند القيام بوظائفها يمكن تلخيصها كما يلى :

(أ) يتميز تأثير كل هرمون بالنوعية او الخصوصية فى تأثيره على بعض اعضاء الجسم بصفة خاصة دون غيرها للقيام ببعض الوظائف والتغيرات الخاصة .

(ب) تتميز الهرمونات بنشاط بيولوجى كبير ، وعلى سبيل المثال فان جرام واحد من هرمون الادرينالين يكفى لتنبيه مليون عضلة قلب معزولة من الضفادع ، ويستطيع جرام واحد من هرمون الأنسولين انقاص مستوى سكر الدم لعدد ١٢٥٫٠٠٠ الف أرنب .

(جـ) تتميز الهرمونات بقدرتها على التفاعل بعيدا عن موضع افرازها .

(د) تتميز بقدرتها على النفاذية خلال الأنسجة والخلايا .

(هـ) تتكسر الهرمونات بسرعة فى الأنسجة ، لذا فان الغدد تقوم باستمرار بافرازها للمحافظة على مستواها فى الدم .

(و) يمكن استخدام هرمونات بعض الحيوانات فى بعض الحالات العلاجية للانسان .

٤/١١ — الغدد الصماء والتدريب الرياضى :

يقوم علماء الفسيولوجى باستخدام عدة عمليات مختلفة للتعرف على استجابات وتكيفات الهرمونات للتدريب الرياضى ، وتعتبر احـدى هـذه الطرق هى استخدام الجراحة فى ازالة الغدة المسئولة عن افراز الهرمون فى حيوانات التجـارب ثم المقارنة بين الحيـوانات التى تم ازالة غدتها والحيوانات التى لم يتم ازالة غدتها ، كما يمكن ايضا المقارنة بين الحيوانات التى تحقن بالهرمون وغيرها ، وبالنسبة للدراسـات التى تجرى على الانسان فيتم فيها دراسة مستوى تركيز الهرمون فى البول او العضـلات او الدم تحت تاثير التدريب الرياضى .

وقد لا تعطى دراسة تغيرات مستويات الهرمونات فى البول أو الدم او الأنسجة تحت تأثير التدريب الرياضى نتائج دقيقة ، وهذا يرجع الى ان مستوى تركيز الهرمون فى اى لحظة يتأثر بعوامل عديدة ، وعلى سـبيل المثال فان تركيز الهرمون يعتمد بدرجة كبيرة على معدل انتاج هذا الهرمون من الغدة الصماء ، وفى نفس الوقت يتأثر مستوى تركيز الهرمون بمستوى عمليات تكسيره Destruction بواسطة الانزيمات فى الكبد والكلى والأنسجة الأخرى ، كما يتأثر ايضا تركيز الهرمون بمعدل استخدام الانسجة الخاصة بتأثير هذا الهرمون له ، كما ان الفترة التى تلى القيام بنشاط بدنى لهـا تأثيرها على اختـلاف مسـتوى تركيز الهرمون حيث تتكسر بعض هـذه الهرمونات خلال بضعة ثوان من لحظة انتاجها ، بينما يمكن أن يسـتمر وجود بعض الهرمونات بعد انتاجها لعدة ساعات أو أيام .

وبناء على ذلك فان معظم المعلومات التى قدمتها الدراسات عن تأثير التدريب الرياضى على مستوى الهرمونات فى البول او الدم أو الأنسـجة ما زالت موضع تساؤلات كثيرة الى حين التغلب على الصعوبات والعوامل التى تواجه الباحثين فى مثل هذا النوع من الدراسـات ، وفيما يلى أهم نتائج هذه الدراسات .

١١/٤/١ — تأثير التدريب الرياضى على الغدة النخامية :

يقوم الهيبوثلامس بالهيمنة على نشاط معظم الغدد الصماء وهو أحد أجزاء المخ التى تخضع لسيطرة التشرة المخية ، ويقوم الهيبوثلامس بافراز الليبرينات Librins وهى هرمونات تنبه افرازات هرمونات الغدة النخامية التى تتحكم فى نشاط الغدد الصماء الأخرى ، وتتكون هذه الغدة من ثلاثة فصوص هم الفص الأمامى والمتوسط والخلفى ، وتوجد هذه الغدة فى قاع المخ وتقوم بافراز الهرمونات الآتية :

(أ) سوماتوتروبين Somatotropin وينبه نمو العظام والتمثيل الغـذائى للدهون .

(ب) ثيروتروبين Thyrotrobin ينبه زيادة انتاج وافراز هرمون الثيروكسين الذى تفرزه الغدة الدرقية .

(جـ) كورتيكوتروبين Corricotrobin ينبـه افراز وانتـاج الكورتيزول والالدوستيرون وغيرها من هرمونات قشرة الغدة فوق الكلية .

(د) ليوتروبين Lutropin ينبه الخصية لانتـاج هرمون التستوستيرون .

(هـ) برولاكتين Prolactin يسـاعد على اعادة امتصـاص الماء الى الجسـم من الكلى والتمثيل الغذائى للدهون لانتـاج الطاقة لكلا الجنسين مع المساعدة على الرضاعة لدى السيدات .

ولا توجد دلائل علمية تثبت أن النشـاط الرياضى يؤدى الى زيادة افراز أو زيادة تهبيط هرمونات الهيبوثلامس ، فيما عدا بالطبع هرمونات الفص الأمامى للغدة النخامية وبعض هرمونات الغدد الأخرى مثل الغـدة الدرقية والغدة فوق الكلية (الكظرية) .

١١/٤/١/١ — الهرمون المضاد لادرار البول : Antidiuretic Hormone

يمكن أن يفسر زيادة افراز هذا الهرمون عملية اعادة امتصاص الماء من الكلى أثناء النشاط البدنى المرتفع الشدة وبصفة خاصة فى حالة زيادة فقد الماء ، كما فى الجو الحار ، وزيادة العرق ، ويعتبر افراز هذا الهرمون

مفيدا أثناء أداء النشاط الرياضي للمحافظة على توازن الماء فى الجسم ، وتدل الدراسات على أن هذا الهرمون يزيد افرازه مع الأنشطة البدنية المرتفعة الشدة ، ويتم افراز هذا الهرمون عن طريق الهيبوثلامس .

٢/١/٤/١١ — هرمون النمو*(سوماتوتروبين) Somatotropin :

يزيد افراز هرمون النمو أثناء أداء النشاط الرياضى لفائدته للأنسجة الضامة والنمو العضلى ، مما يزيد قوة الأوتار والأربطة والعضـــــلات ، وكذلك يزيد سمك العظام الذى يلاحظ لدى اللاعبين المدربين ، كما يساعد أيضـــــا هذا الهرمون فى التمثيل الغذائى للأحماض الدهنية وتحويلها من الأنسجة الدهنية الى الدم ولهذا أهميته أثناء أداء النشاط الرياضى لامكانية استهلاك هذه الدهون كمصدر للطاقة للعضلات العاملة ، ويقوم الـــكبد بعزل نصف أى افراز جديد للهرمون خلال ١٧ — ٤٥ دقيقة ، وهذا يتيح الفرصة لزيادة الهرمون فى الدم لمدة طويلة وكافية للتأثير على نمو الأنسجة واستهلاك الدهون ، الا ان هذا يتطلب فترة طويلة حوالى ساعة قبـــــل ملاحظة أى تأثير للهرمون على التمثيل الغذائى للدهون ، وهذا التأثير يبدو هاما . وفى حالة الأنشطة الرياضية لفترة طويلة فقد لا يظهر الهرمون خلال أول ١٥ — ٢٠ دقيقة من بداية النشاط الرياضى وعادة يظهر هذا الهرمون فى حالة النشاط البدنى لفترة طويلة مع الشدة العالية أو الأقل من القصوى وهناك ارتباط بين درجة حرارة الجسم ومستويات الهرمون فى بلازما الدم .

وفى أثنـــاء الراحـــة لا يوجد فرق بين مســـتوى هرمون النمو لدى الرياضيين وغير الرياضيين ، وان كان ظهور الهرمون يبدو بمستوى أقل فى حالة تكيف الجســـــم مع حمل التدريب ، وقد يرجع ذلك الى انخفاض التوتر النفسى للتدريب فى الأشخاص المدربين .

٣/١/٤/١١ — الهرمون المنبه للدرقية (ثيروتروبين) : Thyrotropin

يزيد افراز هذا الهرمون حيث أنه المؤثر على افراز هرمون الغـــدة الدرقية الثيروكسين ، ولذا فأنه يزيد افرازه عند توقع أداء النشاط الرياضى غير أن زيادة افراز هذا الهرمون بسبب النشـــــاط الرياضى لم تثبت ويبقى

الغدة: الهيبوثلامس (الهدن)

	سوماتوليبرين	سوماتوستاتين	ثيروتروليبرين	كورتيكوليبرين	فوليبرين
الهرمونات	Somatoliberin	Somatostatin	Thyroliberin	Corticoliberin	Folliberin
الوظائف	ينبه افراز هرمون النمو	ينبه افراز هرمون النمو	ينبه افراز هرمون الثيروتروبين	ينبه افراز هرمون كورتيكوتروبين	ينبه افراز هرمون الفوليكل لتنظيم الدورة الشهرية
تأثير التدريب	* استجابة * تكيف	* يزيد * لا دلالة			

	ليوتينيزينج	برولاكتوليبرين	برولاكتوستاتين	فازوبرسين
الهرمونات	Luteinizing	Prolactolibrin	Prolactostatin	Vasopressin
الوظائف	ينبه افراز هرمون ليوتينزينج ، يساعده على تنظيم الدورة الشهرية	ينبه افراز هرمون البرولاكتين	يوقف افراز هرمون البرولاكتين	ينبه الهرمون المضاد لإدرار البول لزيادة استعادة الماء إلى الجسم بواسطة الكلى .

(شــــكل ٨٨)

هرمونات الهيبوثلامس ووظائفها وتأثير التدريب الرياضي عليها

الهرمون فى الدم بعد بداية النشاط الرياضى لمدة ساعة ، وهذه الزيادة اثناء توقع النشاط البدنى لها تاثيرها على وظائف الغدة الدرقية اثناء فترة اداء النشاط الرياضى .

٤/١/٤/١١ — الهرمون المنبه للغدة فوق الكلية (كوريتكوتروبين) : Corticotropin

يزيد عادة مستوى هرمون الكورتيزول فى الدم أثناء الأنشطة الرياضية العنيفة وتفرزه تشرة الغدة فوق الكلية ، وهذا يحدث تحت تأثير تنبيه هرمون كوريتكوتروبين ، كما أنه أيضا يساعد على سرعة التمثيل الغذائى لمصادر الطاقة ، وهذا يعتبر هاما أثناء اداء النشاط الرياضى ويبلغ نصف عمره (١) فى الدم ٤ — ١٨ دقيقة ، ومن الصعب قياسه ، ولا يزيد افراز هذا الهرمون مع التوتر الانفعالى حيث تكفى حالة توقع اداء النشاط الرياضى لزيادة افراز الهرمون ، وعادة فان هذا التأثير التوقعى يجب أن يسمح بافراز هرمون الكورتيزول أثناء النشاط الرياضى ، وينبه الهرمون افراز الادرينالين خلال ١ — ٢ دقيقة ويقل ازالة الكورتيزول (نصف عمره ٤ ساعات) .

٥/١/٤/١١ — الهرمون المنبه لغدة الخصية (ليوتروبين) : Lutropin

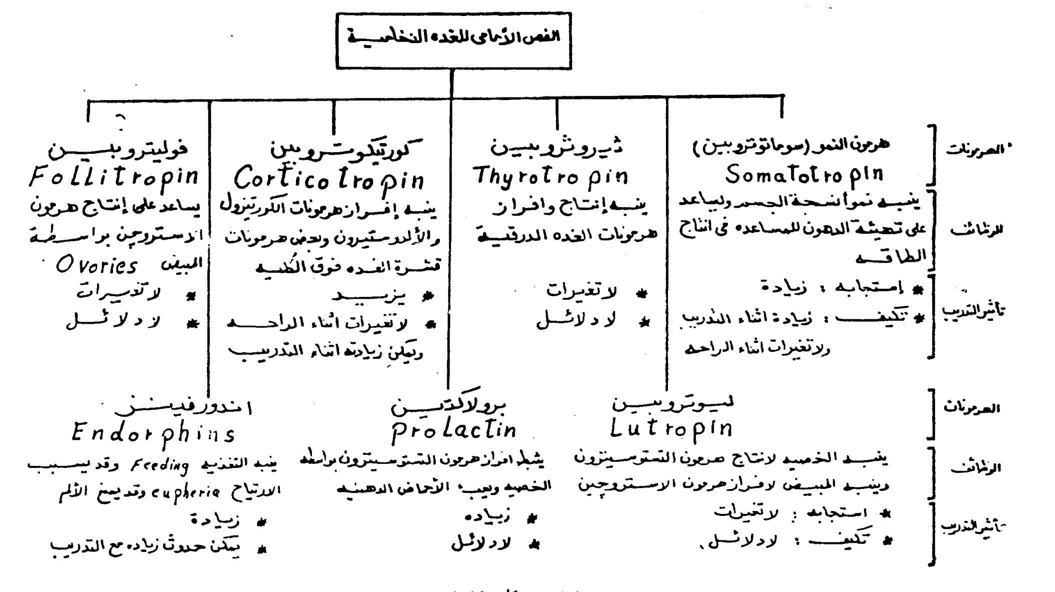
هذا الهرمون هو المسئول عن تنبيه الخصية لانتاج هرمون تستوستيرون الذى له تاثيره على التضخم العضلى وزيادة القوة ولم تتاثر مستويات البلازما نتيجة اداء السباحة او التجديف او اداء تدريبات الاثقال.

٦/١/٤/١١ — الهرمون المنبه لمنع ادرار البول (برولاكتين) : Prolactin

يفيد افراز هذا الهرمون اثناء النشاط البدنى فى الحفاظ على الماء من الخروج عن طريق الكلى ، وكذلك فى التمثيل الغذائى للدهون ، وقد

---

(١) نصف عمر الهرمون هو الوقت الذى يمر قبل ازالة نصف كمية الهرمون من الجسم .



(شكل ٨٩)
هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية ووظائفها وتأثير التدريب الرياضي عليها

اظهرت بعض الدراسات زيادة هذا الهرمون بعد اداء النشاط البدنى ويتم ازالة نصف افراز هذا الهرمون خلال ١٥ — ٣٠ دقيقة .

٢/٤/١١ — تأثير التدريب الرياضى على الغدة الدرقية :

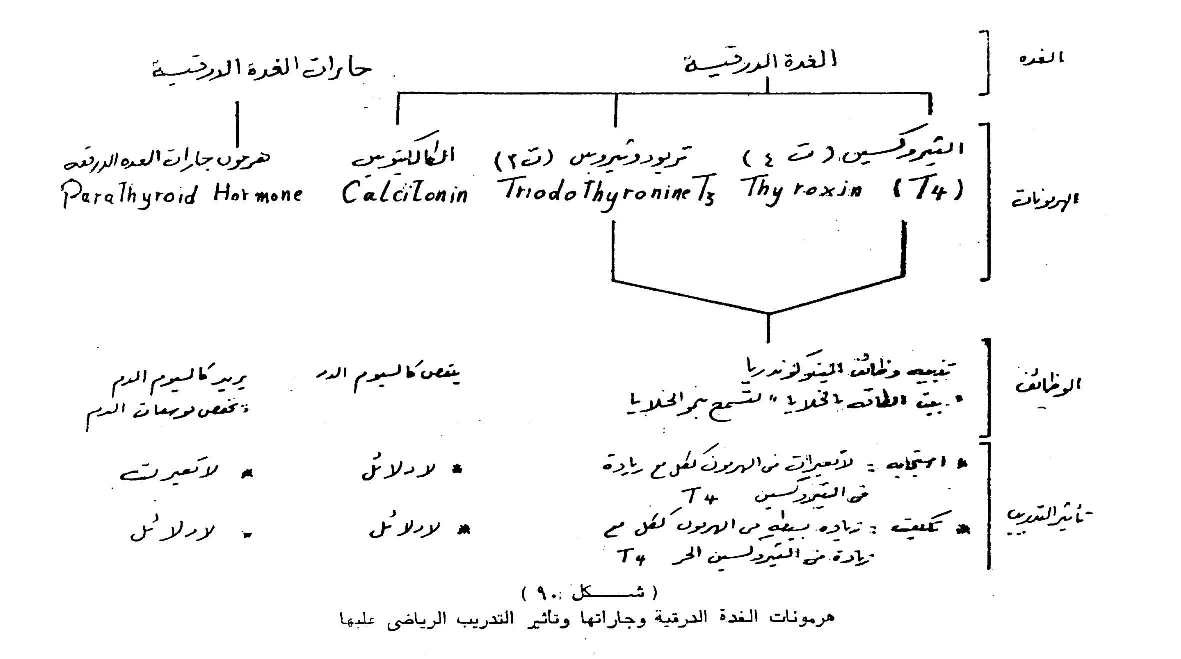
توجد الغدة الدرقية فى الجزء الامامى للرقبة وحول القصبة الهوائية وهى غنية بالأوعية الدموية والليمفاوية ويمر بها حوالى من ٥ — ٦ لتر دم كل ساعة ، ويبلغ وزنها فى المتوسط حوالى ٢٥ — ٣٠ جرام ، وتفرز هذه الغــدة هرمونين هما :

— الثيروكسين Thyroxin : وهذا الهرمون ينبه وظائف الميتوكوندريا لتسمح بنمو الخلية .

— كالكيتونين Calcitonin : وهو يقوم بانقاص الكالســيوم فى الدم ومستويات الفوسفات .

١/٢/٤/١١ — هرمون ثيروكسين :

يستطيع هذا الهرمون المساعدة على التمثيل الغذائى للدهون وزيادة حجم عضلة القلب ، وهذا قد يساعد الجسم على مواجهة متطلبات النشاط الرياضى عند استمرار الاداء لفترة طويلة ، وقد أجريت عدة دراسات حول علاقة هــذا الهرمون بالنشــاط الرياضى ، ويســتمر نصف عمر هــذا الهرمون ٦ — ٧ أيام ، وقد لوحظ زيادة تركيز هرمون الثيروكسين الحــر Free thyroxin فى الدم بنسبة ٣٥٪ اثناء النشــاط البدنى ، ومعظم الثيروكسين فى الدم يكون مرتبط مع بروتينات البلازما . وقد يقــل تركيز الثيروكسين الكلى (المرتبط + الحر) اثناء النشاط البدنى ويرجع ذلك الى ان سرعة استخدام الهرمون أزيد من سرعة الافراز أو قد ينعزل الهرمون بسرعة أزيد من الافراز . واثناء النشاط الرياضى تزيد سرعة افراز الهرمون وكذلك سرعة عزله . وبصفة عامة فان الثيروكسين الحر هو الجزء الأكثر نشاطا واستخداما فى الانسجة ، ولكن يجب ملاحظة انه لا توجد ادلة على زيادة استخدام الانسجة والعضلات لهرمون الثيروكسين أثناء النشــاط الرياضى ، ويقوم الكبد بتكسير جزء كبير من الهرمون الحر اثناء النشــاط الرياضى ، وقد ترجع زيادة الثيروكسين الحر التى تلاحظ اثناء النشــاط



(شـــكل ٩٠)
هرمونات الغدة الدرقية وجاراتها وتأثير التدريب الرياضى عليها

الرياضى الى نقص ارتباط الهرمون مع بروتينات البلازما ولهذا فلا يحدث اى تغيير فى البروتينات المرتبطة مع الهرمون ، ولكن يلاحظ نقصها .

يلاحظ أن الأشخاص المدربين يقل لديهم تركيز الثيروكسين الكلى أثناء الراحة ويزيد الثيروكسين الحر ، كما انهم ايضا يتميزون بسرعة افراز الهرمون وسرعة ازالته مع تفوق سرعة ازالة الهرمون على سرعة افرازه لذا فان نصف عمر الهرمون لدى المدربين ٤ ايام ولغير المدربين ٧ ايام .

١١/٤/٢/٢ — هرمون الكالكيتونين :

يقوم هذا الهرمون بالتأثير على تنظيم مستويات الكالسيوم والفوسفات فى الدم حيث أن كلاهما من المعادن التى تلعب دورا هاما فى الانقباض العضلى وربما فى التعب ، وتفرز هذا الهرمون الغدد جارات الدرقية Parathyroids

١١/٤/٣ — تأثير التدريب الرياضى على قشرة الغدة فوق الكلية :

وهى عبارة عن الجزء الخارجى للغدة فوق الكلية التى تتكون من غدتين احداهما قشرة الغدة فوق الكلية Adrenal Cortex وهذه الغدة مهمة جدا لحياة الانسان حيث اذا تم استئصالها يفقد الانسان حياته فى بضعة ايام ، ويقوم هرمون الغدة الدرقية المنبه لهذه الغدة (كورتيكوتروبين) بتنبيهها لانتاج وافراز ثلاثة انواع من الهرمونات تشمل جليكوكورتيسويد glucocorticoids ومينارلوكورتيسويد Mineralo Corticoids والهرمونات الجنسية Sex hormones . وتعتبر الهرمونات الجنسية المجموعة الرئيسية لهذه الغدة ، وتتكون كل مجموعة من النوعين الآخرين من حوالى ٢٠ هرمون ، **الا ان فى كل مجموعة هناك هرمون رئيسى ، حيث يمثل هرمون الكورتيزول Cortisol حوالى ٩٥٪ من مجموعة الجليكوكوريتسويد، كما يشكل هرمون الادوستيرون Aldosteron ٩٥٪ من النوع الثانى ، ويبلغ نصف عمر الكورتيزول ٢٤ دقيقة ، بينما للأدوستيرون ٣٠ دقيقة ،** لذا فان اى تأثير للنشاط الرياضى على هذه الهرمونات يمكن أن يستمر لفترة طويلة نسبيا . ويقوم الكورتيزول ومجموعته بالمساعدة على استهلاك الدهون فى الأنسجة واستهلاك البروتينات مع حجز الكربوهيدرات ، وتحت

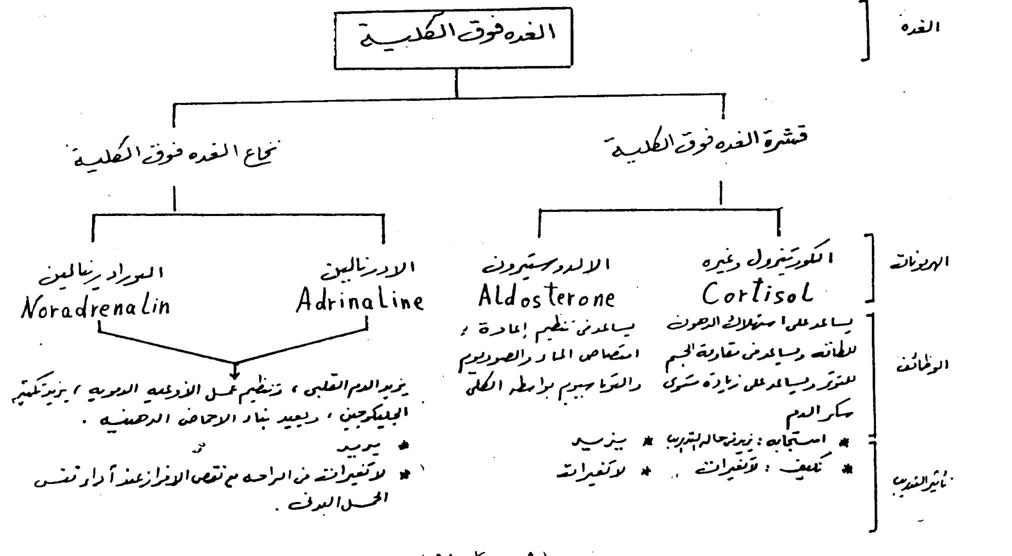
تأثير الكورتيزول يزيد مســــتوى سكر الدم ، وهكذا يحمى المخ من نقص غذائه أثناء الأداء البدنى لفترة طويلة ، حيث تعتمد الأنسجة العصبية فى غذائها على الجلوكوز لامدادها بالطاقة ، ولذا فان التمثيل الغذائى للدهون خلال الانشطة البدنية لفترة طوية يعتبر مفيدا فى هذا المجال ، كما ان هذه المجموعة من الهرمونات هامة لمقــاومة الجسم لحالات التوتر بما فى ذلك النشاط البدنى العنيف .

ونقوم مجموعة النوع الثانى من الهرمونات والتى أهمها الالدوسيترون بتنظيم اعادة امتصاص الماء والصوديوم والبوتاسيوم بواســطة الكلى ، وهذه الوظيفة لها أهميتها فى المحافظة على نسبة تركيز أيونات الصوديوم والبوتاسيوم حول غشاء الخلية وبدون ذلك لا يتم توصيل الاشـــــارات العصبية ، ولا تتم الانقباضات العضلية ، كما يعمل هرمون الألدوستيرون متعاونا مع الهرمون المانع لادرار البول للمحافظة على ماء الجســم وتزيد أهمية هذه الوظيفة عند اداء النشاط الرياضى فى الجو الحار .

وقد تناقضت نتائج الدراسات حول تغيرات مستوى الكورتيزول فى الدم كاستجابة لأداء النشاط الرياضى الا ان هناك اتفاق حول زيادة تركيز الكورتيزول فى بلازما الدم وزيادة معدل اخراج الكورتيزول الحر فى البول تحت تأثير الحمل البدنى المرتفع الشــــدة ولفترة طويلة ، وقد تظل هذه الزيادة فى تركيز الكورتيزول بالدم لمدة ساعتين بعد النشاط الرياضى .

لا توجد دلائل حول تأثير التدريب الرياضى على مقادير الكورتيزول فى بلازما الدم أثناء الراحة او بعد الحمل البدنى كنوعا من التكيف الفسيولوجى

ويزيد تركيز الألدوستيرون تدريجيا خلال النشاط الرياضى ويمكن ان تصل نسبة التركيز الى اقصاها بعد حوالى ٦ دقائق من بداية التدريب ذو الشدة العالية ، ويمكن أن تبقى هذه الزيادة بعد التدريب لمدة ٦ — ١٢ ساعة ، ولا توجد دراسات علىالانسان لتوضيح أثر التدريب الرياضى على تكيف افراز هرمون الألدوستيرون .



(شـــكل ٩١)
هرمونات الغدة فوق الكلية ووظائفها وتأثير التدريب الرياضى عليها

٤/٤/١١ — تأثير التدريب الرياضى على نخاع الغدة فوق الكلية :

يوجد نخاع الغدة فوق الكلية داخل قشرة هذه الغدة ، ويتميز هذا النخاع باتصاله المباشر بالمراكز العصبية السمبثاوية ، ولذا فان هذه الغدة تفرز نفس الهرمونات التى تفرزها النهايات العصبية السمبثاوية ولها نفس التأثير على الجسم ، ولذا فمن الصعب ارجاع تغيرات هرمونى الأدرينالين او النور ادرينالين Adrenaline or Noradrenaline الى افراز هذه الغدة وحدها .

وتقوم نهايات الأعصاب السمبثاوية بالاضافة الى افراز الغدة النخاعية بتنبيه الدم فى الأوعية الدموية والدفع القلبى وذلك له اهميته أثناء النشاط الرياضى ، ويؤثر هرمون الادرينالين على زيادة الأحماض الدهنية فى الدورة الدموية بواسطة تنشيط الأنزيم المسئول عن ازالة مخزون ثلاثى الجلسرين وكذلك زيادة الجلوكوز بواسطة تنشيط الأنزيم المسئول عن تكسير الجليكوجين فى الكبد وهذا له اهمية عند اداء الأنشطة الرياضية لفترة طويلة ، وتتم بسرعة ازالة الادرينالين والنور ادرينالين من الجسم حيث يعود مستوى الادرينالين والنور ادرينالين الى مستواه الذى كان عليه بعد ٦ دقائق من نهاية التدريب الرياضى ، ويشكل الادرينالين حوالى ٧٥٪ من افراز نخاع الغدة فوق الكلية ، بينما يفرز الجزء الأكبر من النور أدرينالين عن طريق النهايات العصبية السمبثاوية .

لا يلاحظ زيادة فى الادرينالين أو النور ادرينالين فى الدم فى حالة الحمل البدنى المتوسط خاصة اذا لم يكن هذا الحمل البدنى مصحوبا بتوتر نفسى غير عادى . ولكن بمجرد زيادة شدة الحمل البدنى عن ٦٠٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين ، فان مستوى الادرينالين والنور ادرينالين يرتفع فى البلازما ، ويزيد مستوى تركيز الهرمونات كلما زادت شدة الحمل البدنى ، وتدل زيادة النور ادرينالين اثناء النشاط الرياضى أكثر من الادرينالين ، على أن النهايات العصبية السمبثاوية أكثر اهمية لافراز الهرمونين أثناء النشاط الرياضى من نخاع الغدة فوق الكلية ، ولم تتضح بعد كيفية افراز الهرمونين أثناء النشاط

الرياضى وان كان من الممكن ارجاع ذلك الى الانعكاسات العصبية الموجودة فى الجهاز الدورى بالاضافة الى التأثيرات النفسية .

يلاحظ انخفاض افراز الهرمونين نتيجة للتكيف للتدريب الرياضى وليس شرطا أن تختلف نسبة خروج الهرمونين مع البول فى حالة ما بعد التدريب عنها قبله .

٥/٤/١١ — تأثير التدريب الرياضى على البنكرياس :

توجد غدة البنكرياس أسفل المعدة وهى تعتبر غدة هضمية وصماء فى نفس الوقت ولكن نسيج الجزء الصماء فيها يمثل نسبة بسيطة تبلغ ١٪ وهو ينتشر فى الغدة على شكل جزر هرمونية تسمى جزر لانجر هانز وهذه الجزر تفرز هرمونات أحدهما هو الأنسولين Insulin وهرمون الجلوكاجون Glucagon

١/٥/٤/١١ — هرمون الأنسولين :

يقوم الأنسولين بتخفيض مستوى جلوكوز الدم بتحويل الجلوكوز الزائد من الدم الى الأنسجة مثل العضلات وتحويل الزائد منه الى الكبد ليخزنه على هيئة جليكوجين ، وتؤدى عدم كفاية الأنسولين الى الاصابة بمرض السكر حيث يزيد مستوى تركيز السكر فى الدم من ١٠٠ — ١٢٠ ملليجرام ٪ الى ٣٠٠ — ٤٠٠ ملليجرام ٪ ، كما يقوم الأنسولين بتنبيه تكوين الدهون ، ويزيد محتوى الأنسولين فى الدم عند بداية العمل العضلى ، وعندما تطول فترة اداء الحمل البدنى يقل ، وهذا يساعد على تحويل عمليات اكسدة الكربوهيدرات الى اكسدة الدهون أثناء النشاط الرياضى لفترة طويلة .

وقد يلاحظ انخفاض فى مستوى الأنسولين اكثر من ٥٠٪ بعد اداء التدريب الرياضى بعكس الهرمونات الأخرى التى تزيد أثناء النشاط الرياضى أو مع زيادة شدته أو اطالة فترته ، وعلى ذلك فليس من المتوقع ظهور انخفاض ملحوظ فى الأنسولين بعد بداية اداء النشاط الرياضى لفترة خمس دقائق ، ولكن يلاحظ ذلك بوضوح بعد الجرى المجهد لفترة ٢ — ٣ ساعات ولا يعود مستوى الأنسولين فى البلازما الى ما كان عليه الا بعد مرور ساعة أو اكثر بعد التدريب .

ويرجع هذا النقص فى مستوى الأنســـولين فى الدم اثناء النشاط الرياضى الى نقص افرازه من البنكرياس من جهة وزيادة انتقاله مع الدم الى العضلات العاملة من جهة اخرى ، وتقوم العضلات بالدور الأكبر فى تقليل الأنسولين فى الدم حيث يسرى فى هذه العضلات أثناء النشـــاط الرياضى كميات أكبر من الدم ، وبالتالى فان الدم يقل سريانه الى الكبد مما يقلل من سريان الأنســـولين بها وبالتالى لا يواجه الجلوكوز الخارج من الكبد أى تعامل مع الأنسولين ، وبذلك يستطيع الكبد امداد العضلات بما تحتاجه من الجلوكوز أثناء النشاط الرياضى .

ولا يوجد تأثير للتدريب الرياضى على مستوى الأنسولين فى الدم أثناء الراحة ، ولكن الشخص الرياضى يقل عنده الأنسولين بدرجة أقل من غير الرياضى فى حالة ما يؤدى الاثنان حمـــلا بدنيا مقننا ويبلغ نصـــف عمر الأنسولين حوالى ٤٠ دقيقة .

٢/٥/٤/١١ — هرمون الجلوكاجون :

لا يظهر هذا الهرمون بشكل واضح الا بعد حوالى ٨٥ دقيقة من اداء الحمل البدنى المرتفع الشدة ، حيث يزيد تركيزه فى بلازما الدم بمقدار ٣ أضعاف ، وهذه الزيادة تستمر بعد الأداء لمـــدة أكثر من ٣٠ دقيقة ، ولم يعرف بعد تأثير التدريب الرياضى على التكيف لافراز هذا الهرمون ، ويبلغ نصف عمر هرمون الجلوكاجين من ٥ — ١٠ دقائق .

٦/٤/١١ — تأثير التدريب الرياضى على الغدد الجنسية :

تقوم الغدد الجنسية بوظيفة مزدوجة حيث تفرز افرازات داخليـــة تقوم بالوظائف الجنسية وتصب فى الدم مباشرة ، كما تفرز أيضا افرازات خارجية تختلف وظيفتها تبعا لنوع الجنس ، وتعتبر الخصية هى الغـــدة الأساســـية فى الرجل وتفرز هرمون التيستوســـتيرون Testosteron وهذا الهرمون يساعد عند البلوغ على نمو الأعضاء التناسلية ويســـبب ظهور علامات الرجولة من حيث نمو الشعر على الجسم وتغيرات الصوت وغيرها .

وتعتبر غدة المبيض هى غدة الجنس الأساسية فى الأنثى ، ويوجـــد

واحدة منها على كل من اسفل جانبى البطن ، وهذه الغدة تقوم بصنع البويضات وافراز هرمونين هما هرمون الأوسترين وهرمون البروجيسترون ويقوم الهرمون الأول (الأوسترين) بالمساعدة على نمو اعضاء البلوغ فى الأنثى واظهار علامات الأنوثة بها ويساعد على تحضير غدة الثدى لتأثير هرمون ادرار اللبن ، ويساعد على نمو انسجة الرحم ، اما الهرمون الثانى (البروجيسترون) فهو يقوم بتنظيم دورة الطمث وهو اساسى لتهيئة الرحم للحبل ، ويحافظ على استمرار الحمل ، ويعمل على تهيئة غدة الثدى للرضاعة .

١/٦/٤/١١ — هرمون التيستوستيرون :

يقوم هرمون التيستوستيرون بدور كبير خاصة بالنسبة للقوة العضلية ، حيث يلاحظ زيادة الفرق فى مستوى القوة العضلية بين الاناث والذكور بعد فترة البلوغ ، حيث تزيد بسرعة القوة العضلية للذكور ، وهذا يعطى الذكور فرصة التفوق فى كثير من الأنشطة الرياضية ، وهذا يقودنا الى سؤال هام هو : هل يرجع نجاح بعض الذكور فى الرياضة نتيجة قوتهم العضلية التي تفوق غيرهم الى زيادة افراز هرمون التيستوستيرون ؟ والسؤال التالى هو : اذا تم تركيب هذا الهرمون وقدم للاعب هل يؤدى الى زيادة حجم عضلته وقوتها ؟ وأيضا بالاضافة لتأثير هذا الهرمون على القوة العضلية فان له تأثير على زيادة السلوك العدوانى ، وانتاج الخلايا الحمراء ، وزيادة سمك العظام وتخزين جليكوجين العضلة وتركيب بروتين العضلة ، وكل هذه التغيرات من متطلبات أداء اى نوع من أنواع الأنشطة الرياضية ، ويبلغ نصف عمر الهرمون ٣ — ٤ ساعات ، ولذا فان اى زيادة من هذا الهرمون فى البلازما يمكن ان يستمر تأثيرها لفترة أطول .

وقد سجلت زيادة من ١٤ — ٧٣٪ فى مستويات الهرمون فى بلازما الدم أثناء التدريب العنيف لدى مجموعة من اللاعبين الأولمبيين من الرجال والسيدات ولدى لاعبى رفع الأثقال بالكليات ، كما لم تتغير مستويات الهرمون فى البلازما بعد التدريب لدى غير المدربين من الرجال ومن طلاب المدارس العليا وطالبات الكليات ، وعموما فان اى زيادة فى هذا الهرمون تبقى لمدة ٣٠ دقيقة بعد التدريب .

	الأوعية الدموية والعضلات والأنسجة الأخرى	الخصية	المبيض
الهرمونات	بروستجلاندين Prostaglandins	التستوستيرون Testosterone	استراديول Estradiol بروجيستيرون Progesterone
الوظائف	توسيع الأوعية الدموية - تنظيم معدل القلب - تنظيم تجلط الدم	يزيد حجم العضلات - يزيد انتاج الكرات الحمراء - يقلل دهون الجسم - يعطي مظاهر الذكورة	تنظيم العادة الشهرية - يعطي مظاهر الأنوثة
تأثير التدريب	* استجابة : يزيد * تكيف : لا دلائل	* زيادة قليلة * لا تغيرات	* يزيد * زيادة أقل عند أداء نفس الحمل البدني.

	البنكرياس		الكبد والأنسجة الأخرى
الهرمونات	الأنسولين Insulin	جلوكاجون Glucagon	سوماتوميدينز Somatomedins
الوظائف	يسمح باستهلاك جلوكوز الدم وتخزين الجليكوجين	يساعد على خروج الجليكوجين من الكبد إلى الدم واستهلاك الدهون	نمو العضلات والغضاريف والأنسجة
تأثير التدريب	* استجابة : يقل * تكيف : يقل في الراحة، وعند أداء نفس الحمل البدني	* يزيد إذا ما طالت فترة التدريب. * لا تغير في الراحة ويزيد قليلاً عند أداء نفس الحمل البدني.	* لا دلائل * تأكيد حدوث زيادة

(شكل ٩٢)

بعض الغدد ووظائفهاوتاثير التدريب الرياضى عليها

الفصل الثانى عشر

التدريب الرياضى والفروق بين الجنسين

١/١٢ – اختلاف مستوى الأداء الرياضى بين الجنسين :

هناك فروق فردية فى مستوى الأداء الرياضى ترجع الى اختلاف الجنس بين الاناث والذكور ، وتدل على ذلك المقارنة بين الأرقام العالمية للرجال والسيدات ، ومن اهم اسباب هذا الاختلاف العوامل البيولوجية التاليـة :

- هناك فروق بين تركيب الجسم وحجمه تؤدى الى اختلاف مستوى الأداء فى النشاط الرياضى بين الاناث والذكور .
- كفاءة انظمة انتاج الطاقة فى الاناث تقل عنها فى الذكور .
- مقدار القوة المطلقة فى الاناث يساوى ثلثها فى الذكور .
- تتساوى القوة النسبية فى الاناث والذكور أو قد تزيد عنها فى الاناث فى حالة تعادل مقاومة الوزن فى برامج التدريب .
- لا يؤدى تدريب الأثقال الى التضخم العضلى فى الاناث .
- تدل مقارنة التغيرات الفسيولوجية والكيميائية على أن هناك امكانية انتاج شغل أكبر لكلا الجنسين اذا ما اتبع نفس البرنامج التدريبى .
- التدريبات المعتدلة لا تؤدى الى اختلال الطمث ، وقد تؤدى التدريبات العنيفة والمنافسات الى انقطاع الطمث لدى بعض اللاعبات .
- يجب السماح لاناث اللاعبات بالاشتراك فى التدريب أو المنافسة خلال الطمث بشرط معرفتهن بأنه لن تحدث اى عواقب سيئة وان مستوى أدائهن لن يتأثر .
- من النادر تعرض الاناث لاصابات خطيرة فى الصدر أو الأعضاء التناسلية الخارجية أو الداخلية أثناء ممارسة النشاط الرياضى وحتى خلال المنافسات .

يتطلب النجــاح فى تدريب الاناث دراســة الخصائص التشريحية والفسيولوجية لأجسامهن وبصفة خاصة الخصائص البيولوجية والطمث ، فالبرنامج التدريبى المبنى على دراسة الخصائص البيولوجية لجسم الانثى يكون له اثرا طيبــا على الصحة والنمو البــدنى والحالة الوظيفية للبنت أو المراة . وتظهر آثار ذلك حتى فى حالة المراة الرياضية التى تواجــه صعوبات أقل فى حالة الحمل كما ان مولودها يكون اكثر طولا ووزنا من غيره .

ويختلف النمو البدنى وتركيب الجسم فى الاناث عن الرجال حيث يكون الطول فى الاناث اقل منه فى الرجال والكتلة العضلية فى السيدات حوالى ٣٥٪ من وزن الجسم بينما تبلغ فى الرجال ٤٠٪ الى ٤٥٪ وضعف نمو عضلات السيدات يؤدى الى ضعف مؤشرات القوة للمجموعات العضلية حيث تبلغ قوة القبضة لطالبات معهــد التربية الرياضية بموســكو ٣٦ (± ١ر٥) كجم وللرجال ٦٠ (± ٧) كجم وتبلغ قوة عضلات الرجلين ٩١ر٤ (± ٨ر١٤) كجم وللرجال ١٦٧ (± ٤ر٢٠) كجم .

النسيج الدهنى يبلغ فى المتوسط فى السيدات ٢٨٪ من وزن الجسم بينما للرجال ١٨٪ وعند ذلك فان طبوغرافيا توزيع الدهن عند السيدات تأخذ شكلا خاصا حيث يلاحظ لديهن أن اكبر مناطق التجمع للدهن تكون على البطن وخلف العضد والفخــذ (للرجال تحت اللوح والسيقان) . ويتميز جسم الاناث بضيق المنكبين واتســاع الحوض مع قصر الأطراف عنها فى الرجال . يقع مركز الثقل منخفضــا فى الاناث وهــذه الخصــائص تعطيهن ميزة التفوق فى التمرينات التى تحتــاج الى التوازن اعتمادا على الأطراف السفلى بينما تعوقهن فى حالة العدو السريع والوثب العالى .

وهناك ايضا فروق فى بناء ووظائف الأعضاء الداخلية فوزن القلب فى السيدات اقل من الرجال بحوالى ١٠ — ١٥٪ وحجم القلب لغير المدربات حوالى ٥٨٠ (± ٥ر٨) سم٣ وبالنســبة للرجال غــير المدربين ٧٦٠ (± ١١) سم٣ ونفس الظاهرة لوحظت لدى الرياضيين والرياضيات .

تختلف ايضا المؤشرات الوظيفية لعمــل القلب فى الســيدات عنها فى الرجال . فى الرجال حجم الضربة فى الراحة يزيد بحوالى ١٠ — ١٥ سم٣

عن السيدات وحجم الدفع القلبى فى الدقيقة اكبر بحوالى ٣ر. — ٥ر. لتر/دقيقة فى الرجال عنه فى السيدات وفى حالة اداء الحمل البدنى الأقصى فان الدفع القلبى فى السيدات اقل من الرجال وكذلك حجم الدم العام فى السيدات اقل ، وتقل سرعة القلب اثناء الراحة فى الرجال عنها فى السيدات بحوالى ١٠ — ١٥ ضربة/دقيقة ، وهذه المؤشرات تدل على انخفاض الامكانات الوظيفية للجهاز الدورى للسيدات بمقارنته بالرجال .

وعند دراسة الجهاز التنفسى الخارجى فى السيدات وجد زيادة فى سرعة التنفس وقلة عمقه واقل حجم هواء تنفس فى الدقيقة بالمقارنة بالرجال وتقل ايضا السعة الحيوية بحوالى ١٠٠٠ الى ١٥٠٠ سم٣ ويقل الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين فى السيدات عن الرجال بحوالى ٥٠٠ الى ١٥٠٠ ملليلتر/دقيقة .

ويجب استمرار الملاحظة الطبية طوال الموسم حيث يراعى فحص الجهاز التناسلى وتحديد موعد بدء الدورة الشهرية وعدد الأيام وفترة الطمث واعراضها فى وقت الطمث وقبلها بيوم أو يومين ومدى كمية الدم ، وتدريب اللاعبات فى فترة الطمث ، واذا سمح بالتدريب كيف يمكن وضع الحمل المناسب لهن ؟ هل هذه الفترة تعوقهن ؟ وعند الفحص الطبى للاناث باستخدام الحمل البدنى فان الاناث يقمن بحمل اقل منه بالنسبة للرجال فى حالة استخدام اختبار ليتونوف تؤدى اللاعبات ٢ دقيقة جرى فى المكان والرجال ٣ دقائق واذا استخدم اختبار PWC_{170} ذو الحملين يكون الحمل الأول ٢٠٠ — ٤٠٠ كجم/متر/دقيقة والثانى ٥٠٠ الى ٨٠٠ كجم/متر/دقيقة وفى حالة استخدام اختبار هارفرد لا يجب أن يزيد ارتفاع الصندوق عن ٤٥ سم .

ويمكن اجراء الملاحظات المستمرة على الاناث فى ظروف التدريب

خلال مراحل الدورة الشـــهرية المختلفة (الحويصلة والجســم الاصفر والطمث) لتحديد تأثير حمل التدريب على جسم اللاعبة فى المراحل المختلفة للدورة الشهرية ، وتحديد الكفاءة الخاصة خلال مراحل الدورة المختلفة ودراسة نوعيــة التأثير الذى يسببه حمــل التدريب على مراحل الدورة الشـــهرية .

ويجب ايضا استخدام القياس الذاتى بملاحظة اللاعبة لنفسها خلال مراحل الدورة وتسجل فى مذكرة ملاحظتها طوال الدورة الشهرية وطول فترة الطمث ، شعورها الذاتى ، وجود او اختفاء الم البطن او الحوض ، تأثير حمل التدريب على طول ونوعية مراحل الدورة الشهرية ويجب تحديد سرعة القلب فى خلال مراحل الدورة الشهرية ويمكن استخدام الاختبار الوظيفى ٣ — ٤ مرات ، وتحديد مستوى الكفاءة البدنية فى مختلف مراحل الدورة الشهرية بواسطة اختبار هارفرد على سبيل المثال .

ومن خلال القياس الذاتى يمكن دراسة خصائص الدورة الشهرية والحالة الوظيفية فى مختلف مراحلها . ويجب على المدرب واللاعبات دراسة هذه البيانات لبناء مكونات البرنامج التدريبى وبناء التدريب وتنظيمه بناء على الفروق الفردية فى خصائص الدورة الشهرية وهذا يكون له اثرا طيبا على الدورة فيما بعــد حيث لا يؤدى الحمــل الكبير للاعبات المستويات المرتفعة الى حدوث اضرار على وظائف الجهاز التناسلى ويجب ملاحظــة أن ممارسة الرياضة بانتظام خــلال العام الأول لظهور الدورة الشهرية تؤدى الى اكتساب الجسم خاصية طول فترة الدورة وتشــكيل ايقــاع الدورة الشهرية ووظيفة المبيض فى التبويض هــذا بالاضافة الى حدوث تأثيرات ايجابية تنعكس على وظائف الجهاز التناسلى للسيدات فيما بعد .

٢/١٢ — ممارسة الرياضة اثنــاء الطمث :

وبالنسبة لمشكلة **ممارسة الرياضة اثناء الطمث :** فان حل ذلك يختلف تبعا للفروق الفردية ويرتبط بنوعية هذه المرحلة فاذا كانت الأعراض طبية يمكن ممارسة النشاط الرياضى الا أن حمل التدريب لا يجب أن يكون الحمل الأقصى ويجب منع التمرينات التى تؤدى الى ارتجاج الجسم بقوة او تمرينات

كتم التنفس ، وتستبعد تمرينات القوة والوثب ولا يسمح بالسباحة فى الماء الجارى أو فى حمامات السباحة وكذلك الدش البارد وتجنب لفحة الشمس وعند وضع التدريب يجب على المدرب ملاحظة خصائص الحالة الوظيفية للاعبة فى مختلف مراحل الدورة الشهرية (تبدأ لدى البنات من ١١ — ١٣ سنة) والدورة الشهرية تعتبر ظاهرة بيولوجية معقدة وتتأثر بهـا جميع أجهزة الأنثى . وتأخذ هذه الدورة فى الأحوال العادية ٢١ – ٢٤ أو ٢٤ – ٢٦ أو ٢٨ – ٣٠ يوم وتختلف مراحلها .

(أ) مرحلة الحويصلة : Follicularts phase

وهى نصف الدورة الشـــهرية وتستغرق حـــوالى ١٠ — ١٥ يوما وخلال هذه الفترة تنمو الحويصلة فى المبيض . ويغلب على الدم الهرمون المنبـــه للحويصلات وتنشط عمليات التكاثر فى الغشـــاء المخاطى للرحم استعدادا لاستقبال البويضة الملقحة ، وتنتهى هذه المرحلة بنضج الحويصلة وانفجارها .

تخرج البويضة من الحويصلة الى الرحم ويعنى ذلك التبويض وذلك فى منتصف الدورة الشهرية وتبدأ بعد التبويض المرحلة التالية .

(ب) مرحلة هرمون الجسم الأصفر : Progesteronum phase

وتستمر ١٠ — ١٥ يوما وتتميز بوجود هرمون الجســـم الأصـــفر فى الدم . وينمو الجسم الأصفر مكان الحويصلة المنفجرة وفى هذه الفترة تحدث فى الرحم فترة الافراز وتوجد البويضة فى تجويف الرحم وخلال هذه المرحلة يمكن حدوث الحمل . واذا لم يحدث الحمل يوقف الجسم الأصفر تأثيره ويتحول الى جسم أبيض .

(جـ) مرحـــلة الطمث : Menstruation Phase

واذا لم يحدث الحمل خـــلال الفترة السابقة يظهر الطمث وتتهدم الطبقة الداخلية للرحم ويخرج الدم من أعضاء التناسل الخارجية وتستمر مرحلة الطمث ٢ — ٧ أيام .

وتتغير درجة حرارة اللاعبات خلال مراحل الدورة الشهرية المختلفة فيؤدى وجود الهرمون المنبه للحويصلات فى الدم الى هبوط درجة الحرارة

فى الصباح فى مرحلة الحويصلة بينما يؤدى وجود الهرمون الى ارتفــاع درجة الحرارة فى مرحلة الجسم الأصفر، وهكذا يوضح منحنى درجة الحرارة خــلال المرحلتين توالى مرحلة الحويصلة ومرحلة الجسم الأصفر ووجود التبويض ، وهكذا تعتبر الدورة عادية . وعند اختفاء منحنى درجة الحرارة (التبويض) سيكون هناك مرحلة واحدة فقط وعند ذلك لن يلاحظ فى منتصف الدورة الشــهرية هبوط وارتفاع الحرارة وتسمى دورة غياب التبويض ولا يحدث الحمل فى هــذه الحالة .

وتختلف الحالة الوظيفية للأنثى خلال مراحل الدورة الشهرية المختلفة ففى بعض الحالات يتغير شعور اللاعبة قبل الطمث بيوم او اثنين ولدى البعض فى وقت الطمث يلاحظ زيادة مستوى الاستثارة والشعور بالتوعك وضعف الانتباه والسمع وقد يحدث الم فى منطقة الحوض او اسفل البطن ولدى البعض لا يتغير الشعور ولا تحدث اى اعراض .

وقد تزيد سرعة القلب لدى معظم اللاعبات فى فترة الطمث ـــ ٥ ـــ ١٥ ضربة/دقيقة ولا يتغير الضغط الانقباضى للدم ولكن يزيد الضغط الانبســاطى ١٠ ـــ ١٥ مم زئبق ، ويلاحظ لدى الكثيرات زيادة الفرق بين سرعة القلب من الوقوف والرقود حوالى ١٥ ضربة/دقيقة ويقــل بدرجــة كبيرة نبض الضغط ولا تتغير مؤشرات التنفس الخارجى خلال فترة الطمث تقريبا .

وبخصوص البنات اللاتى فى مرحلة تشكيل الدورة الشهرية وكذلك السيدات المبتدئات فى ممارسة الرياضة والتدريب فيمنع عنهن التدريب او الاشتراك فى المنافسات فى مرحلة الطمث وكذلك لمن لديهن أى انحراف فى وظائف الطمث .

٣/١٢ ـــ الرياضــة والحمــل :

مع بداية الحمل يمنع التدريب والمنافسات الا انه يمكن اثناء الحمل ممارسة تمرينات خاصة لتقوية عضلات البطن والحوض والظهر والأطراف السفلى والأقدام ويوصى بهذه التمرينات الطبيب المختص بمتابعة الحامل ، وخلال الأسابيع ٤ ـــ ٦ الاولى بعد الولادة يمكن استخدام تمرينات بدنية خاصة تســــاعد على سرعة انقباض الرحم وتقوى عضلات البطن وتزيد

نغمة الجسم كله ، ومع الشهر الرابع بعد الولادة يمكن ممارسة حمل بدنى خفيف يزداد تدريجيا .

وممارسة الرياضة فى فترة الرضاعة يجب ان تكون فقط للصحة وبعد الانتهاء من هذه الفترة (ليس قبل ٦ شهور من الولادة) يمكن للاعبة ممارسة التدريب ولا يسمح لها بالاشتراك فى المنافسة الا بعد استشارة الطبيب .

وفى مجال رياضة السيدات قوبلت حالات اشتراك سيدات يختلفن فى نوعية خصائص الجنس مثل زيادة فى طول القدم وكتلة العظام وظهور العضلات بوضوح وارتفاع المؤشرات الديناموترية ، كما أن لديهن تحمل اكثر وقوة وتأخذ طبوغرافية توزيع الدهن والشعر شكلا مثل الرجال ولهن طباع الرجال وهذه الصفات تكسبهن تفوقا امام السيدات العاديات وتضعهن فى منافسة غير متكافئة ولذلك فى سنة ١٩٦٨ اتخذت اللجنة الأولمبية الدولية قرارها باجراء (اختبار الجنس) Sex-Control بهدف التأكد من الجنس وقد نفذ هذا الاختبار بعد ذلك فى الدورات التالية .

ويجرى هذا الاختبار بالطرق الجينية وهذا العلم يدرس ميكانيكية الوراثة المرضية واغراضها وعلاجها وفيما يلى اهم التغيرات الفسيولوجية المرتبطة بالنشاط الرياضى للاناث .

٤/١٢ — انتاج الطاقة والفروق بين الجنسين :

تختلف كفاءة انظمة الطاقة بين الجنسين ويرجع ذلك الى اختلاف مخزون الطاقة وكذلك اختلاف الكفاءة الوظيفية لأجهزة الجسم المختلفة وهذا بدوره ينعكس على مستوى الاداء الرياضى وفيما يلى أهم الفروق بين الجنسين فى انظمة الطاقة :

اولا — نظام انتاج الطاقة الفوسفاتى : ATP-PC

دلت نتائج استراند على تشابه تركيز العضلة لمادتى الأدينوسين ثلاثى الفوسفات والفسفوكرياتين حيث تبلغ نسبة تركيز الأدينوسين

ثلاثى الفوســـفات ٤ مللى مول لكل كيلوجرام من وزن العضلة وبالنسبة للفســـفوكرياتين ١٦ مللى مول/كيلوجرام ، ونظرا لقــلة الكتلة العضلية لدى الاناث فالعكس عنـــد مقارنة المخزون الكلى للفوســـفات حيث يزيد لدى الذكور عنـــه بالنسبة للاناث .

وعند مقارنة الدين الأكسوجينى لدى الاناث والرجال يلاحظ تفوق الرجال ويلاحظ من نتائج تطبيق اختبار تسلق السلم لمارجريا تفوق القدرة اللاهوائية للذكور عنها فى الاناث .

وتنعكس هذه الفروق على مستوى الأداء الرياضى للأنشطة الرياضية التى تؤدى تبعا لهـــذا النظام حيث يتفوق الذكور على الاناث بفارق ليس كبيرا فى مسابقات ١٠٠ متر و ٢٠٠ متر عدو نظرا لتقارب مستوى تركيز مصادر الطاقة لهذه الأنشطة وهى المصادر الفوسفاتية .

ثانيــا — نظام حامض اللاكتيك :

دلت نتائج دراسات استراند وكوهين وكرانفورد وهجرمان وغيرهم على انخفاض مستوى حامض اللاكتيك فى الدم لدى الاناث عند اداء نفس الحمل البدنى الذى يقوم به الرجال وفى نفس الوقت يكون مستوى الأداء منخفضا لدى الاناث ويلاحظ هنا زيادة الفرق بين الجنسين بالمقارنة بالنظام الأول لانتاج الطاقة ويتضح هـــذا فى السباقات التى تستمر فى ادائهـــا من ١ — ٤ دقائق (٤٠٠ الى ١٥٠٠ متر جـــرى أو ١٠٠ الى ٤٠٠ متر ســـباحة) .

ثالثـــا — النظـــام الهـــوائى :

يتفوق الذكور على الاناث فى الأنشطة الرياضية التى تتطلب انتاج الطاقة بنظام الاكسوجين الهوائى ويلاحظ عند ذلك أن الفرق بين الجنسين يكون أقل اثناء المراحـــــل العمرية الأولى ثم يزداد ابتداء من مرحلة البلوغ ويتفق ذلك مع الحقائق المعروفة عن زيادة الفرق بين الجنسين فى حجم ومكونات الجسم اثناء مرحلة البلوغ ، كما يلاحظ ان الفرق فى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين يكون اقل عند المقـــارنة وفقا لاعتبار وزن الجسم وهذا قد يعد دليلا على ان الفروق بين الجنســـين ترجع الى اختلاف حجم

مكونات الجسم اكثر من كونها بسبب العمليات الفسيولوجية حيث يلاحظ تقارب الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين بين الجنسين فى حالة تساوى الحجم الكلى للدم ومقدار الهيموجلوبين ويلاحظ أن الاختلاف فى كلا العاملين يكون اقل فى الاعمار الصغيرة بينما يزيد ويبلغ اقصاه بعد البلوغ ويرجع نقص الهيموجلوبين لدى الاناث الى نقص الحديد أثناء فترة الطمث .

كما يعتبر حجم القلب عاملا هاما فى تحديد مقدار الاكسوجين الذى يمكن نقله الى العضلات وفى الحقيقة فان متوسط حجم القلب لدى الاناث اقل منه لدى الذكور وهـذا بدوره يسهم فى تقليل الحد الاقصى لاستهلاك الاكسوجين لديهن .

٥/١٢ — القوة العضلية والفروق بين الجنسين :

يمكن استخدام تدريبات القوة العضلية لتدريب الاناث دون الخوف من حدوث التضخم العضلى حيث يحـدث ذلك للذكور تحت تأثير هرمون التيستوستيرون الذى تفرزه الخصية بينما يمكن ملاحظـة تغيرات قليلة او عدم حدوثها فى وزن الجسم مع نقص فى سمنة الجسم لدى الاناث ويجب ملاحظة ان تأثير برنامج التدريب بالاثقال اذا ما تحول الى نسب مئوية فقد يلاحظ تشابه النسبة المئوية لنمو القوة العضلية بين الجنسين .

تؤثر الهرمونات الجنسية على مستوى القوة العضلية حيث يزيد المقطع الفسيولوجى للعضلة نتيجة نشـاط هرمونات الذكورة الأندروجين Androgen وتفرزه فى الذكور الغدد الجنسية وقشرة الغدة فوق الكلية ، اما فى الاناث فتفرزه قشرة الغـدة فوق الكلية ، وفيما يلى تأثير هـذه الهرمونات على القوة :

اولا — يتم النمو الزمنى متوازيا مع زيادة انتاج الهرمونات الذكرية وتلاحظ أولى علامات زيادة سمك الألياف العضلية فى سن ٦ — ٧ سنوات وكذلك فى بداية مرحلة المراهقة (١١ — ١٥ سنة) وتزيد الكتلة العضلية بشكل اكبر لدى الأولاد ، كما تستمر هـذه الزيادة بعـد فترة المراهقة فى الوقت الذى يتوقف فيه نمو الكتلة العضلية لدى البنات اساسا فى فترة المراهقـة وبذلك يتوقف نمو القوة العضلية وفيما يلى بعض الملاحظات على نمو القوة العضلية :

(أ) توجد علاقة طردية بين القوة العضلية وطول الجسم فى الفترة العمرية من ٧ — ١٧ سنة .

(ب) لا توجد فروق فى قوة عضلات الرجلين بين الأولاد والبنـــات فى حالة تساوى طول الجسم .

(ج) ابتـــداء من سن السـابعة تزيد قوة الجـــذع والذراعين لدى الأولاد عنها لدى البنات وتستمر خلال جميع مراحل العمر .

(د) تحدث زيادة كبيرة فى قوة بعض المجموعات العضلية خاصة الذراعين لدى الأولاد عند بلوغ طول الجسم ١٥٠ سم أو أكثر (عادة فى سن ١٣ سنة) .

ثانيـــا — يظهر تاثير الهرمونات الذكرية على مختلف أنواع القوة العضلية الا ان هذا التاثير يظهر لدى الذكور اكثر من الاناث ، حيث يبلغ متوسط القوة لدى الاناث البالغـــات حوالى ٨٠٪ بالنسبة لقوة الذكور وفى بعض الحالات المرضية المصحوبة بزيادة الهرمونات الذكرية لدى الاناث يلاحظ زيادة الكتلة العضلية مع بروز العضلات ونمو القوة العضلية بطريقة ملحوظـــة . وتؤكد ذلك التحاليل التى اجريت بحقن الحيوانات هرمونات ذكرية وملاحظة زيادة كبيرة فى بناء بروتين العضلة .



مصـــادر الكتـــاب

المصـــادر العربية :

١ ــ ابو العلا احمد عبد الفتاح : بيولوجيا الرياضة . دار الفكر العربى ، ١٩٨٢ .

٢ ــ احمد فتحى الزيات وعمر زكى : مبادىء علم وظائف الاعضاء . مكتبة الكيلانى ، ١٩٦٩ .

٣ ــ شـــفيق عبد الملك : مبـــادىء علم التشريح ووظائف الأعضـــــاء . دار الفكر العربى ، ١٩٧٢ .

٤ ــ عبد المنعم عبيد : جسم الانسان « كتاب المعرفة » .

٥ ــ محمد حسن علاوى : علم التدريب الرياضى . دار المعارف ، ١٩٧٩ .

٦ ــ محمد فتحى عوض الله : الطاقة (سلسلة كتابك) . دار المعارف ، ١٩٧٨ .

المصــادر الأجنبية :

7. Astrand, P.O. and Rodahl, K. : Textbook of Work Physiology. Mc Graw Human Kogakusha. Tokyo, 1970.

8. Babasky, E.B., et al. : Human Physiology. Mir Publishers. Moscow, 1975.

9. Berger, R.A. : Applied Exercis Physiology. Philadelphia. Lea and Febiger, 1982.

10. Counsilman, J.E. : The Sience of Swimming. Pelham Books, 1972.

11. Counsilman, J.E. : Competittive Swimming. Manual for Coaches and Swimmers. London : Pelham Books, 1978.

12. De Varies, H.A. : Physiology of Exercise for Physical Education and Athletics. London : Staples Press, 1970.

13. Dimbo, A.G. : Practitchisky Zanyatya Po. Vratchibnomo Controlyo. Moskva : F.U.S. 1976.

14. Fox, E.L. : Sports Physiology. Piladelphia : Saunders Co., 1979.

15. Fox, E.L. and Mathews, D.K. : The Physiological Basis of Physical Education and Athletics. 3ed Ed. Piladelphia. Saunders Co., 1981.

16. Goss, C.M. : Grays Anatomy of Human Body. 29 th Ed. Philodelphia : Lea and Febiger, 1973.

17. Guyton, A.C. : Textbook of Medical Physiology. 6th Ed., Philadelphia : 1981.

18. Jensen, C.R., Fisher, A.G. : Scientific Basis of Athletic Conditioning end2 Ed., Philadelphia, Lea and Febiger, 1979.

19. Karpman, V.L. : Sportivnaya Miditsina. Moskva : F.U.S., 1980.

20. Karpovich, P.V. and Sinning, W.E. : Physiology of Muscular Activity. 7th Ed. Saunders Co., 1971.

21. Katch, F.L., and Mc Arddle, W.D. : Nuturition, Weight Control, and Exercise. 2end Ed. Philadelphia : Lea and Febiger, 1983.

22. Kots, Ya. M. : Fezeolgia Mishitchnou Dyatilenosti. Moskva : F.U.S., 1982.

23. Lamb, D.R. : Physioloy of Exercise. Macmillan Publishing Co., Inc. 1978.

24. ——— : Physiology of Exercise. 2end Ed., Macmillan Publi shng Co., Inc., 1984.

25. Maglischo, E.W. : Swimming Faster. California : Mayfiled Publishing Co., 1982.

26. Mc Arddle, W.D., Katch, F. I., and Katch V.L. : Exercise Physiology, Energy, Nutrition, and Human Performance Phildelphia. Lea and Febiger, 1981.

27. Merton, P.A. : How We Control The Contractions of Our Muscles. Scientific American, Inc., 1972.

28. Nöcker, J. : Grundriss Der Biologie Der Korper übungen. Sportvelag Berlin, 1959.

29. Pace, D.M. and Cashland, B.W. : College Physiology. 2end Ed., Thomas Y. Crowell Co., 1964.

30. Reh, J. : Ineroduction Into Sports Biology. Leipzig : German Colleg For Physical Culture, 1972.

31. Schottelius, B.A. and Schottelius, D.D. : Textbook of Physiology. 18th Ed. St. Louis, The C.V. Mosby Co., 1978.

32. Sherman, J.H. and Lucian, D.S. : Human Physiology. The Mechanisms of Body Function. New York : Mc Graw Hill, Inc., 1975.

33. Simoson, E. : Physiology of Work Capacity and Fatigue. U.S.A : Ernst Simonson, 1971.

34. Talaat. M. : Physiology In Medical Practical. The Anglo-Egyptiun Book Shop, 1959.

35. Tatarinov, V. : Human Anatomy and Physiology. Moscow, Mir Publishers, 1974.

36. Zimkin, N.V. : Fezeolgia Tchlovika. Moskva. F.U.S. 1975.

37. Willmore : Exercise and Sciences Reviews. Academic Press. Vo. 1-3, 1973-1975.

(تم بحمــــد الله)

محتـــــويات الكتاب

محتـــويات الكتاب

الصفحة

الفصـــل الثـــالث

٣ ـ الجهـــاز العضـــلى

الفصـــل الرابع

٤ ـ الـــدم

الصفحة

الفصـــل الخامس

٥ — القلب

الفصـــل الســـادس

٦ — الأوعيـــة الدموية

الصفحة

الفصـــل الســابع

٧ — الجهـــاز التنفسى

الصفحة

الفصـل الحادى عشر

١١ – الغـدد الصماء

الصفحة